



Bachelorarbeit des Studiengangs
Augenoptik und Hörakustik

Christian Lanzinger (31985),

Marc Sulski (31620)

Vergleichende Studie zur statischen und mobilen Posturografie unter Lärmexposition

Tag der Einreichung:

25.07.2014

Prüfer: Prof. Dr. med. Annette Limberger

Zweitprüfer: Sven Zeisberg

Erklärung

Wir versichern hiermit, dass wir die vorliegende Bachelorthesis selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und keine andere als die angegebene Literatur benutzt haben. Alle von anderen Autoren wörtlich übernommenen Stellen wie auch die sich an die Gedankengänge anderer Autoren eng anlehnenden Ausführungen unserer Arbeit sind besonders gekennzeichnet. Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Ort, Datum

Unterschriften

Danksagung

Wir möchten uns ganz herzlich bei einigen Personen bedanken, ohne die diese Arbeit nicht hätte realisiert werden können. Zum einen danken wir Frau Professor Dr. med. Annette Limberger für die Bereitstellung dieses Themas und die Motivation zu dieser Arbeit.

Des Weiteren danken wir Herrn Sven Zeisberg und der Zeisberg Medizintechnik GmbH für die Bereitstellung des VertiGuard®-Systems.

Frau Professor Dr. Annemarie Buser danken wir für die zahlreichen Stunden Nachhilfe in statistischen Auswertungen und Ihre Ideen zur Visualisierung der Ergebnisse.

Ebenfalls ein großes Dankeschön geht an Herrn Matthias Müller für sein Engagement und die Motivationsschübe während der Auswertungsphase und an Herrn Thomas Hauber für die technische Unterstützung während des Versuchsaufbaus.

Nicht zuletzt danken wir Herrn Ralph Michels. Sie waren ein ausgezeichnetes Modell.

Persönlich möchte ich mich ganz herzlich bei Martin Gies bedanken, ohne ihn wäre ich diesen Weg nach meiner Ausbildung wohl nicht gegangen. Danke auch an die Optik Hühn GmbH und an Martin Stark für die Unterstützung während des Studiums, nicht nur im finanziellen Sinne.

Danke an meine Familie und an dich, Ramona, für die Begleitung und Unterstützung nicht nur während der letzten vier Jahre.

-Marc Sulski-

Mein persönlicher Dank geht an meine Eltern, die mich motiviert haben dieses Studium zu durchlaufen und mich in jeder Hinsicht unterstützt haben. Ohne Sie wäre das Studium niemals möglich gewesen und der Start meines beruflichen Werdegangs wäre mit Sicherheit anders verlaufen.

Des Weiteren geht ein herzliches Dankeschön an meinen ehemaligen Deutschlehrer Jürgen Schuster, der uns bei der Korrektur dieser Arbeit unterstützt hat.

-Christian Lanzinger-

Inhaltsverzeichnis

Erklärung	I
Danksagung	II
Inhaltsverzeichnis.....	IV
Abstract	1
1 Einleitung.....	4
1.1 Motivation	4
1.2 Ziele der Arbeit.....	4
1.3 Arbeitshypothesen	5
1.4 Grundlagen	5
1.5 Gleichgewicht	6
1.5.1 Das visuelle System	6
1.5.2 Das vestibuläre System.....	7
1.5.3 Das propriozeptive System.....	9
1.5.4 Verschiedene Arten von Schwindel.....	11
1.5.5 Einfluss von Lärm auf das Gleichgewicht	11
1.5.6 Presbyvertigo (Altersschwindel)	12
1.5.7 Verschiedene Formen des Neurofeedbacktrainings.....	13
1.5.7.1 Auditorisches Neurofeedback.....	13
1.5.7.2 Galvanisches Neurofeedback.....	14
1.5.7.3 Vibrotaktilen Neurofeedback.....	14
1.6 Posturografie	15
1.6.1 Statische Posturografie (Enke-Platte)	15
1.6.2 Mobile Posturografie (VertiGuard®-System)	16
1.7 Gleichgewichts-Screening-Tests.....	17
1.7.1 Unterberger-Test.....	17
1.7.2 Romberg-Test	18
1.8 Klassifizierung des Hörverlustes	18

2	Material und Methoden	21
2.1.1	Versuchsaufbau	21
2.1.2	Probanden.....	22
2.1.3	Verwendete Hard- und Software	23
2.1.4	Tonspur	25
2.1.5	Studienablauf	25
2.1.5.1	Erster Termin.....	25
2.1.5.2	Zweiter Termin.....	41
2.1.5.3	Dritter bis fünfter Termin	41
2.1.5.4	Sechster Termin	41
2.1.6	Statistische Tests zur Auswertung	42
2.1.6.1	Varianzanalyse	42
2.1.6.2	Scheffé- Test	42
2.1.6.3	Duncan-Test.....	43
3	Ergebnisse	44
3.1	Zweifache Varianzanalyse mit ungleichen Zellenumfängen und Abhängigkeit der Zellen auf dem zweiten Faktor.....	44
3.1.1	Ergebnisse des Scheffé-Tests.....	46
3.1.2	Ergebnisse des Duncan-Tests	47
3.2	Graphische Darstellung der Sturzrisiko-Ergebnisse.....	48
3.3	Graphische Darstellung der Enke-Platte-Ergebnisse.....	50
3.3.1	Vergleich der WHO-Gruppen in Ruhe	50
3.3.2	Vergleich der WHO-Gruppen in Lärm	52
3.3.3	Vergleich der WHO-Gruppen beim Abschluss	54
3.3.4	Vergleich der Untersuchungsbedingungen Ruhe–Lärm.....	56
3.3.5	Vergleich der Untersuchungsbedingungen Lärm–Abschluss	60
3.3.6	Vergleich Sturzrisiko Enke-Platte/VertiGuard®	64
4	Diskussion	65
4.1	Berechnung des Sturzrisikos mit dem VertiGuard®.....	65

4.2	Berechnung des Sturzrisikos mit der Enke-Platte	66
4.3	Zweifache Varianzanalyse mit ungleichen Zellenumfängen und Abhängigkeit der Zellen auf dem zweiten Faktor	67
4.3.1	Ergebnisse des Scheffé-Tests	68
4.3.2	Ergebnisse des Duncan-Tests	69
4.4	Graphische Darstellung der Sturzrisikoergebnisse	70
4.5	Graphische Darstellung der Enke-Platte-Ergebnisse	70
4.5.1	Vergleich der WHO-Gruppen in Ruhe	70
4.5.2	Vergleich der WHO-Gruppen in Lärm	71
4.5.3	Vergleich der WHO-Gruppen beim Abschluss	71
4.5.4	Vergleich der Untersuchungsbedingungen Ruhe–Lärm	72
4.5.5	Vergleich der Untersuchungsbedingungen Lärm–Abschluss	73
4.5.6	Vergleich Sturzrisiko Enke-Platte/VertiGuard®	74
4.6	Allgemeines	74
5	Ausblick	76
6	Literaturverzeichnis	78
7	Anhang	80

Abstract

Motivation dieser Bachelorthesis war die Weiterführung eines Projekts im Rahmen eines Wahlpflichtmoduls zwei Semester zuvor, bei dem mittels des Wii-Balance-Boards die Gleichgewichtsstabilität in Ruhe und Lärm miteinander verglichen wurde.

Ziel der jetzigen Arbeit war es, herauszufinden, ob es signifikante Unterschiede der posturalen Kontrolle in Ruhe und in Lärm gibt, gemessen zum einen mit dem VertiGuard®-System, zum anderen mit der Enke-Platte. Des Weiteren sollte verglichen werden, ob sich die Gleichgewichtsstabilität in Lärm genauso gut trainieren lässt wie in Ruhe. Die Probanden wurden audiologisch eingangsuntersucht und in WHO- Gruppen unterteilt, da man ebenfalls herausfinden wollte, ob der individuelle Hörverlust Einfluss auf das Gleichgewicht des Probanden hat. Zu guter Letzt stellte sich die Frage, ob das VertiGuard®-System auf die gleichen Ergebnisse kommt wie die Enke-Platte.

An dieser Studie nahmen 17 Probanden teil, die folgende Anforderungen erfüllten:

Die Probanden mussten das 60. Lebensjahr vollendet haben. Allgemeine Schwindelsymptomatik, deren Ursache unklar ist, war Voraussetzung. Ein vorhandener Hörverlust war wünschenswert, Normalhörigkeit allerdings kein Ausschlusskriterium. Schwindelsymptomatik, die von pathologischen Erkrankungen wie Morbus Menière ausgeht, war Grund für eine Verweigerung der Teilnahme.

Der Lärm, der für einen Teil der Studie benötigt wurde, war eine eigens dafür erstellte Tonspur, die vor Studienanlauf mit einem Kunstkopf von Head Acoustics an einer Bundesstraße und einer stark befahrenen Stadtkreuzung aufgenommen wurde.

Die Probanden mussten nach der audiologischen Voruntersuchung einen gSBDT mit dem VertiGuard® durchlaufen und ein Balance-Screening mit der Enke-Platte absolvieren. Bei dem darauffolgenden Termin wurde der gleiche Ablauf nochmals in Lärm durchgeführt. Auf Grund des VertiGuard®-Ergebnisses

wurden fünf Trainingstermine vereinbart, bei denen an jedem Trainingstermin fünfmal hintereinander das vorgeschlagene Training des VertiGuard® absolviert wurde. Nach diesem Training wurde ein Abschluss-gSBDT und ein abschließendes Balance-Screening durchgeführt.

Anhand dieser erhobenen Daten wurden mittels diverser statistischer Tests die oben erwähnten Hypothesen überprüft.

Dabei stellte sich heraus, dass der individuelle Hörverlust bei der Auswertung des Sturzrisikos mit dem VertiGuard® keinen Einfluss hatte. Im Gegensatz dazu ergaben sich bei der Auswertung mit der Enke-Platte aber Unterschiede zwischen den einzelnen WHO-Gruppen, die tendenziell darauf schließen lassen, dass der Hörverlust einen Einfluss haben könnte, der aber auch altersbedingt zustande gekommen sein könnte.

Außerdem zeigte sich, dass Lärm keinen Einfluss auf das Gleichgewicht hat. Das Training in Lärm zeigte effektive Erfolge. Dieses Ergebnis konnte sowohl mit dem VertiGuard®, als auch mit der Enke-Platte beobachtet werden.

The motivation of this thesis was to continue a project which was elected two semesters ago. During this project the stability of balance was compared in silence and noise with the Wii-Balance Board.

The aim of this thesis was to find out whether there are significant differences of postural control in silent and noisy conditions measured with the VertiGuard®-system and the Enke force platform. Furthermore it should be compared whether the balance stability could be trained as well in noisy conditions as in silence. The subjects were examined audiological and separated into groups of hearing-loss (WHO) because we would like to find out whether the individual hearing loss influenced the subject's balance. In the end we wanted to find out whether the VertiGuard®-system and the "Enke-Platte" came to the same result considering the individual risk of falling.

17 subjects participated in this clinical trial that fulfilled the following requirements:

The subjects needed to be older than 60 years. General indications of sway with ambiguous cause were required. Hearing loss was desirable but a normal hearing was no criterion for exclusion. On the other hand indications of sway which came from medical conditions like Morbus Menière led to exclusion. The noise which was needed for this examination was a composed audio track that was recorded with the help of an artificial head from Head Acoustics on a main road and a highly travelled intersection in town.

The subjects had to run through a gSBDT after the audiological screening with the VertiGuard®- system and a balance screening with the force platform. During the following appointments the subjects had to do the same in noisy conditions. Based on the results of the VertiGuard®, five trainings were arranged where the subjects had to do the proposed training five times in a row. After the five trainings the subjects had to do a closing gSBDT and balance-screening.

Based on the collected data the assumed hypotheses were tested with the help of several statistical tests.

One result was that the individual hearing loss had no influence on the risk of falling due to the VertiGuard®-system. In contrast to that, the force platform found out differences between the WHO-groups that could indicate an influence, which could as well be due to the age of the subjects.

Furthermore it came out that noise had no influence on balance, the training showed actual success. This result could be observed with the VertiGuard® as well as with the force platform.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Diese Studie soll als weiterführende Arbeit eines Projektes im sechsten Semester des Studienganges Augenoptik und Hörakustik der Hochschule Aalen angesehen werden. In dem Projekt ging es um die Frage, ob Störgeräusche wie zum Beispiel ein Hupen oder quietschende Reifen das Gleichgewicht verschiedener Probanden beeinflussen können. Die damalige Studie wurde mit dem Wii® Balance-Board durchgeführt.

1.2 Ziele der Arbeit

Schwindel stellt eine der häufigsten Beschwerden bei Menschen über 65 Jahren dar. Es geht sogar so weit, dass 10 % der Patienten in allgemeinärztlichen Praxen allein oder in Kombination mit anderen Erkrankungen über anhaltenden Schwindel klagen. Oftmals wird diese Situation unterschätzt oder als altersentsprechend angesehen. Häufig kommt der Schwindel für diese Patienten aber plötzlich und führt zu Unsicherheit und einer dauerhaften Einschränkung des Stehens und Gehens (Plinkert 2010).

Übergeordnetes Ziel dieser Bachelorthesis war die Erlangung des akademischen Titels Bachelor of Science.

Diese Studie soll zwei praktisch angewandte Verfahren zur Überprüfung des Gleichgewichtes miteinander vergleichen und eventuelle Unterschiede oder Gemeinsamkeiten aufdecken. Dieser Vergleich wird jeweils einmal in Ruhe und einmal in Lärm durchgeführt. Des Weiteren soll der Frage, ob das Gleichgewicht sich durch Störgeräusche beeinflussen lässt, nachgegangen werden. Hinzukommend soll die These überprüft werden, ob der individuelle Hörverlust der Probanden in Bezug zur posturalen Stabilität gesetzt werden kann, und es soll geklärt werden, ob dieser Hörverlust auch Einfluss auf die Trainierbarkeit des Gleichgewichtes und die Schwindelproblematik hat. In früheren Studien über das VertiGuard®-System konnte schon herausgefunden werden, dass sich

das Gleichgewicht sehr gut trainieren und signifikant verbessern lässt (Basta et al. 2011). Allerdings wurde hier für die Datenauswertung keine Unterscheidung der Probanden bezüglich des Hörverlustes gemacht.

1.3 Arbeitshypothesen

Die Hypothesen für die Studie lauten wie folgt:

- Das Gleichgewicht der Probanden ist in Lärm schlechter, als in ruhiger Umgebung.
- Das Gleichgewichtstraining in Lärm weist, wie in Ruhe, ebenfalls einen guten Trainingserfolg auf.
- Der individuelle Hörverlust hängt direkt mit dem Gleichgewicht zusammen.
- Probanden mit Hörverlust können ihr Gleichgewicht jedoch ebenso gut trainieren wie normalhörenden Menschen.

1.4 Grundlagen

Für die Wahrnehmung der Position im Raum sind für das menschliche Gehirn drei Systeme von großer Wichtigkeit, die gleichzeitig bei der Durchführung des gSBDT (geriatrischer Standard Balance Defizit Test) analysiert werden. Es handelt sich hier zunächst um das visuelle System, also alles, was über die Augen wahrgenommen wird. Hinzu kommt das vestibuläre System. Es besteht aus allem, was das Gleichgewichtsorgan im Ohr an Informationen weiterleitet. Das dritte System ist das propriozeptive System. Dieses beinhaltet alle Informationen, die über Nerven in Stand- und Haltemuskulatur sowie den Fußsohlen verarbeitet werden. Auf die einzelnen Systeme wird im Folgenden genauer eingegangen. Werden diese sensorischen Einflüsse reduziert (z.B. im Alter), nimmt die vestibuläre Leistungsfähigkeit deutlich ab (Basta und Ernst 2011a).

1.5 Gleichgewicht

1.5.1 Das visuelle System

Das visuelle System liefert dem Gehirn in erster Linie Informationen über die Stellung des Körpers im Raum. In den Ganglienzellen auf der Netzhaut des Auges werden die visuellen Eindrücke in elektronische Signale umgewandelt und das Gehirn erstellt aus diesen Informationen ein Bild. Es vergleicht zu jedem Zeitpunkt die Informationen der beiden anderen Systeme (vestibulär und propriozeptiv), mit dem, was wir sehen. Aus diesem Grund kann es jedoch zu Komplikationen kommen. Immer dann, wenn sich die Informationen widersprechen kann es einem schwindelig werden. Ein Beispiel dafür ist eine typische Situation am Bahnhof. Man sitzt in einem Zug und schaut aus dem Fenster. Nun fährt ein benachbarter Zug los und für einen kurzen Moment kann man nicht sagen, ob man selber im fahrenden Zug sitzt oder ob der andere Zug sich in Bewegung gesetzt hat. In diesem Fall meldet das visuelle System Bewegung, während das vestibuläre System Stillstand meldet. Erst nach einigen Sekunden ist das Gehirn in der Lage, die Situation zu analysieren, und das Schwindelgefühl verschwindet wieder.

Das visuelle System lässt sich noch einmal in zwei Unterkategorien unterteilen. Das fokale System ist mit bewusster Wahrnehmung gekoppelt, das ambiente System wird im Unterbewusstsein verarbeitet und besteht aus gelernten und gespeicherten motorischen Programmen, die innerhalb von Millisekunden abgerufen und gesteuert werden können.

Schaltet man diese Komponente zum Beispiel durch Schließen der Augen in der Studie aus, resultiert dies in den meisten Fällen in einem unsicheren Stand.

Allgemein lässt sich sagen, dass Störungen im visuellen System eine zentrale Rolle beim Schwindel spielen. Deshalb bietet die Behandlung der Störungen eine Möglichkeit der Prophylaxe von Presbyvertigo. Das volle Potential der visuellen Störungen ist jedoch nach aktuellem Stand noch unklar. Fakt ist, dass die zentrale Sehschärfe hier kaum eine Rolle spielen kann, da diese meist bei gutem Kontrast und ausgeleuchtetem Hintergrund getestet wird. Entscheidender sind hier eher Skotome (Gesichtsfeldausfälle), die vom Partnerauge nicht

kompensiert werden können. Außerdem werden von Menschen bestimmte Anisometropien von mehr als 3 dpt. als störend empfunden. Sie führen dazu, dass das Gehirn kein deckungsgleiches Bild erzeugen kann. Auch dieser Faktor führt zu Schwindelgefühlen.

Das visuelle System bildet also einen wichtigen Grundstein in der Schwindeldiagnostik (Franko Zeitz und Hegemann 2013).

1.5.2 Das vestibuläre System

Das vestibuläre System ist Teil des Ohres und somit zweimal vorhanden. Es befindet sich im Innenohr und besteht aus drei Bogengängen und zwei Vorhofsäckchen, den sogenannten Maculaorganen. Sie heißen Utriculus und Sacculus. Die Bogengänge sind für die Detektion von Drehbewegungen verantwortlich, die Maculaorgane registrieren lineare Beschleunigungen, sowohl nach oben und unten (z.B. im Fahrstuhl), als auch nach vorne und hinten (z.B. beim Autofahren).

Die drei Bogengänge stehen in einem 90°-Winkel zueinander. Einer steht horizontal im Kopf, einer steht senkrecht schräg nach vorne, einer senkrecht schräg nach hinten. In ihnen befindet sich die Endolymphe.

In der utriculusnahen Ampulle (Auswölbung) sitzen in ein Polster eingebettet die Haarsinneszellen des Gleichgewichtsorgans. Jede Haarzelle besitzt einige Fortsätze, die sogenannten Cilien. Sie sehen aus wie Flimmerhärchen, sind unterschiedlich lang und ragen in die Cupula. Dies ist eine gallertartige Membran, verwachsen mit der Bogengangswand. Alle Haarzellen einer Ampulle sind in dieselbe Richtung ausgerichtet und werden somit gleichzeitig erregt oder gehemmt.

Beispielsweise bewegt sich die Bogengangswand bei einer Kopfdrehung nach links ebenfalls nach links. Die enthaltende Endolymphe ist jedoch träge und fließt erst kurz danach auch nach links. Diese Eigenschaft nennt man Relativbewegung. Sie übt Druck auf die Cupula aus und verbiegt somit die

Cilien. Sie krümmen sich bei einer horizontalen Linksbewegung nach rechts und werden so erregt.

Die Erregung der Maculaorgane läuft etwas anders ab. Der Sacculus liegt senkrecht im Schädel und spricht auf vertikale Bewegungen an. Der Utriculus registriert Bewegungen vorwärts und zurück. Sie besitzen ebenfalls Haarsinneszellen mit Cilien in der Otolithenmembran. In ihr befinden sich kleinste Kalziumkarbonatkristalle, die sogenannten Otolithen/Statolithen. Bei Beschleunigungen wird die gallertartige Otolithenmembran dank der Schwerkraft und dem Gewicht der Otolithen in Bewegung versetzt. Der mechanische Reiz (das Abbiegen der Cilien) wird nun in ein elektrisches Signal kodiert.

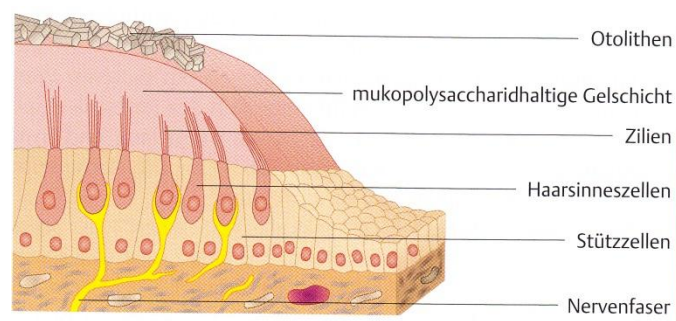


Abbildung 1: Maculaorgan (Basta, Ernst; Gleichgewichtsstörungen; 2011)

Bei unbewegtem Kopf ist das Verhältnis zwischen ein- und ausströmenden Kaliumionen ausgeglichen. Je nach Bewegungsrichtung öffnen sich bestimmte Ionenkanäle, und es strömen vermehrt Kaliumionen in die Zellen. Es kommt zu einer Depolarisation und somit einer Erregung der Zellen. Werden die Ionenkanäle geschlossen, fließen dementsprechend weniger Ionen in die Zellen, es kommt zu einer Hyperpolarisation und letztendlich einer Hemmung der Zellen.

Wird eine Zelle nun erregt, schüttet der Körper vermehrt den Neurotransmitter Glutamat aus. Damit gelangt die kodierte Information zur benachbarten Sinneszelle und schließlich ins Gehirn (Schmidt und Schaible 2006; Stoll et al. 2004; Probst et al. 2004).

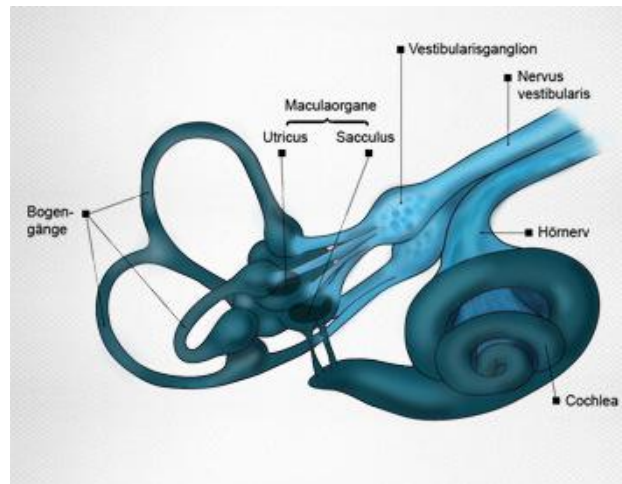


Abbildung 2: Das vestibuläre Labyrinth (dasgehirn.info, 2014)

1.5.3 Das propriozeptive System

„Unter Propriozeption fasst man Sinneseindrücke zusammen, die durch Reizung von Muskeln, Sehnen- und Gelenkmechanosensoren zustande kommen. Diese Sinnesmodalität dient dem Kraftsinn und der Wahrnehmung von Stellung (Positionssinn) und Bewegungen (Kinästhesie) einzelner Teile unseres Körpers.“ (Schmidt und Schaible 2006, S. 215).

Informationen über die Spannung und Aktivität von Muskeln, Sehnen und Bändern, sowie die Belastung der Gelenke werden über das Rückenmark an das Gehirn weitergeleitet und bilden somit den dritten Baustein des Gleichgewichtssystems.

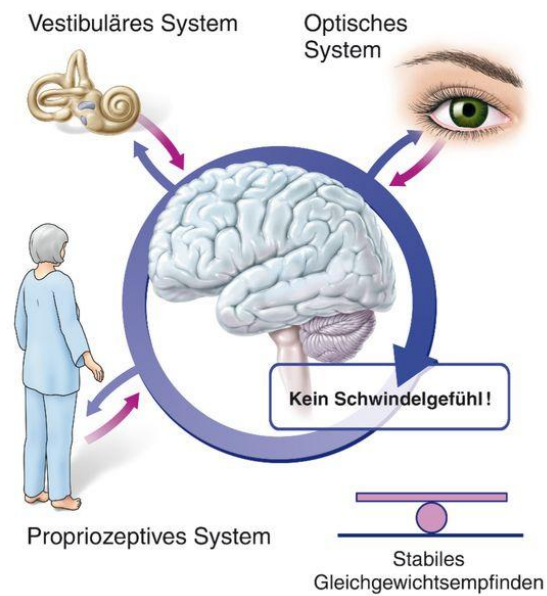


Abbildung 3: Ungestörte Zusammenarbeit der drei Systeme (Henning Arzneimittel, 2014)

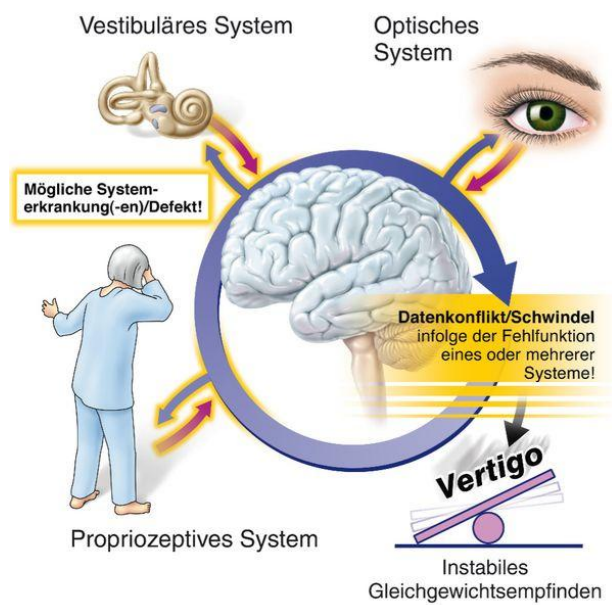


Abbildung 4: Gestörte Zusammenarbeit der drei Systeme (Henning- Arzneimittel, 2014)

1.5.4 Verschiedene Arten von Schwindel

Es gibt sehr viele verschiedene Arten von Schwindel. Alle haben gemeinsam, dass das Gleichgewicht bzw. die räumliche Orientierung gestört ist. Unten stehende Tabelle beschreibt die Häufigkeit von verschiedenen Schwindelbeschwerden in unterschiedlichen Altersgruppen. Im Anamnesebogen für die Studie von C.-F. Claussen 1985 gaben die meisten Probanden an, an einer der ersten drei Schwindelvarianten zu leiden.

**Tabelle 1: Schwindelbeschwerden von 175 Probanden [Häufigkeit in %
(Presbyvertigo, Presbyataxie, Presbytinnitus; 1985)]**

	<i>Alter (in Jahren)</i> 51-60	61-70	71-80	81-90
Schwankschwindel	30	38	42	40
Liftgefühl	2	4	0	0
Drehschwindel	38	44	38	32
Fallneigung	48	42	56	72
Schwarzwerden vor Augen	6	14	10	4
Unsicherheit	92	94	94	100

1.5.5 Einfluss von Lärm auf das Gleichgewicht

Johannes Strobel zitierte in seiner Dissertation aus einer Studie von Dozza et al., dass Hintergrundgeräusche die Messergebnisse der posturalen Kontrolle beeinflussen könnten. Ein Teil seiner Dissertation bestand darin, zu überprüfen, ob sich durch die Beschallung der Probanden mit Unterhaltungsmusik über handelsübliche Kopfhörer signifikante Unterschiede des Stabilitätsindex im Biodex-Balance-System ergaben. Das Teilergebnis der Studie ergab keinen signifikanten Unterschied. Allerdings zeichnete sich die Tendenz ab, dass die Probanden unter Lärmeinfluss ruhiger standen (Strobel 2010).

Diese Ergebnisse decken sich mit unseren Ergebnissen aus dem Projekt im sechsten Semester. Auch hier wurde erwartet, dass die Probanden im Lärm unsicherer stehen, letztendlich standen viele aber deutlich stabiler als in ruhiger Umgebung. Bis heute gibt es allerdings keine weiteren Studien, die den

akustischen Einfluss, abgesehen von auditiven Biofeedback-Systemen, auf das Gleichgewichtssystem untersuchen.

1.5.6 Presbyvertigo (Altersschwindel)

Schwindel im Alter kommt gehäuft vor. Die Summe von pathophysiologischen Alterungsprozessen mit den verschiedensten Auswirkungen kann Einfluss auf das Gleichgewicht nehmen. So kommt es im Alter z.B. zu einer Verlängerung der synaptischen Transmissionszeiten, die eine verlängerte Reaktionszeit auf den vestibulären Input zu Folge haben. Ebenso haben die Reduktion der Muskeln durch eine geminderte Ernährung im Alter und der Verlust der Muskeln durch Nichtgebrauch einen Einfluss auf das propriozeptive System. Das Nachlassen der visuellen und auditiven Systeme erschwert die posturale Kontrolle ebenso wie eventuelle kognitive Störungen.

Die Summe dieser und weiterer Dysfunktionen lassen Schwindel im Alter zu einem immer größer werdenden Problem werden, da sich in den meisten westlichen Industriestaaten durch den demographischen Wandel die Alterspyramide umkehrt. Die somit steigende Zahl an Patienten mit Schwindelproblemen und die damit oft verbunden Stürze stellen ein größer werdendes Problem dar (Ernst und Basta 2012).

„Schwindel ist das subjektiv erlebte Signal eines inneren Datenkonflikts, bei dem die Ist-Wert/Soll-Wert-Beziehungen oder die gegenseitigen Datenabstimmungen gestört sind. Insofern kann man den Schwindel auch mit der Error-Message auf dem Bildschirm bei einem Computerversagen vergleichen.“ (Claussen 1985).

Schwindel tritt insbesondere dann auf, wenn die Interaktion verschiedener einzelner Sinne oder ganzer Organe gestört ist, wie zum Beispiel der Ausfall eines Bogengangapparats. Neben dieser Ursache können Schwindelgefühle auch in Folge des Alterungsprozesses auftreten. Insbesondere dann, wenn das assoziative Verständnis der Sinneseindrücke vom Raum, der Lage im Raum, von der Lage der Lichtquelle, die den Raum erleuchtet, von der eigenen Bewegung in dieser Räumlichkeit usw. durch den Alterungsverlauf beeinträchtigt

ist. Diese Degenerationen können meist sehr gut kompensiert werden, da die drei oben aufgeführten Systeme sich gegenseitig bei Verschlechterung des einen unterstützen. Erschwerte Symptome kommen erst dann zum Vorschein, wenn zur erwähnten Degenerationen noch andere Erkrankungen oder Belastungen auf dem Patienten einwirken (Claussen 1985).

1.5.7 Verschiedene Formen des Neurofeedbacktrainings

In letzter Zeit werden für das Training der posturalen Kontrolle Neurofeedbackverfahren eingesetzt, die durch ihre vom System abhängigen Feedbackimpulse den Patienten intuitiv dazu veranlassen, schneller auf Körperschwankungen reagieren zu können und diese Reaktionen als gelerntes Programm abzuspeichern. Besonders moderne Systeme verwenden auditorische, galvanische oder vibrotaktile Neurofeedbackreize. Neurofeedbackreize ermöglichen dem Patienten, sich schneller und effektiver im Raum zu orientieren und sich zurechtzufinden.

Der Trainingserfolg aller Systeme hängt allerdings auch von den eingesetzten Trainingsübungen ab. Je näher sich die Übungen an potentiellen alltäglichen Problemsituationen orientieren, desto höher ist der Trainingserfolg (Basta und Ernst 2011b).

1.5.7.1 Auditorisches Neurofeedback

Bei auditorischen Neurofeedbacksystemen wie z.B. dem Sway-Star® erfolgt die Messung der Körperschwankung mit Hilfe von Gyrometern.

Gyrometer messen die Körperschwankung des Probanden anhand der Corioliskraft. Die Schwankungen werden als Winkelgeschwindigkeit gemessen und dokumentiert. Ein Vorteil der Verwendung von Gyrometern zur Schwankungsanalyse ist, dass das System auch für Gangübungen einsetzbar ist. Das Feedbacksignal erhält der Proband über vier Lautsprecher, die jeweils 90° zueinander stehen. Somit kann aus jeder möglichen Richtung ein Signal

erfolgen. Um die Richtung, aus der das Signal kommt, besser unterscheiden zu können, hat jeder Ton aus einer Richtung eine andere Frequenz (Basta und Ernst 2008). Die verschiedenen Tonhöhen erleichtern enorm die Feststellung, aus welcher Richtung der Ton kommt, da es bei bestimmten Richtungen zu dem aus der Psychophysik bekannten Cone of Confusion kommen kann (van Ackern und Lindenberg; Ulrich und Hoffmann 2011).

Gerade dieser Punkt ist ein großer Nachteil des Systems, da das Training so intuitiv wie möglich ablaufen sollte und die Konzentration auf die zu bewerkstellende Übung nicht gemindert werden sollte. Des Weiteren funktioniert dieser Versuchsaufbau nur unter Laborbedingungen und kann nicht (wie z.B. das vibrotaktile Neurofeedback) auch zu Hause benutzt werden.

1.5.7.2 Galvanisches Neurofeedback

Der Feedback- Reiz von galvanischen Neurofeedbacksystemen wie dem BrainPort® erfolgt über einen Stromimpuls auf der Zunge. Dieser Stromimpuls wandert über den Sensor, den der Patient auf der Zunge liegen hat. Die Wanderrichtung beschreibt die Körperschwankung, die der Proband verursacht. Ziel ist es, den Stromimpuls auf der Zungenmitte zu halten. Dieses System arbeitet nicht mit Gyrometern zur Schwankungsaufzeichnung, sondern mit Beschleunigungssensoren, welche leider nur Standübungen zulassen (Basta und Ernst 2008).

Wegen fehlender Effektivität wurde dieses Gebiet der Neurofeedbackverfahren jedoch verlassen.

1.5.7.3 Vibrotaktiler Neurofeedback

Sehr aktuelle Neurofeedbacksysteme verwenden vibrotaktile Feedbackreize um den Probanden fehlende Informationen zum Gleichgewicht über Vibrationen zu geben (wie das VertiGuard®-System) (Basta und Ernst 2011b).

Das VertiGuard®-System ist ein mobiles Posturografie-System. Die genaue Funktionsweise dieses Systems ist dem Unterkapitel „Mobile Posturografie“ zu entnehmen.

1.6 Posturografie

Voraussetzung für eine gezielte Therapie ist die individuelle Analyse der Körperschwankung. Nur aufgrund dieser Daten kann eine personalisierte Therapie erfolgen (Ernst und Basta 2012). Mit der Posturografie können diese Körperschwankungen von Probanden dokumentiert und mit folgenden Methoden verglichen werden. Man unterscheidet die statische Posturografie von der dynamischen und mobilen Posturografie.

1.6.1 Statische Posturografie (Enke-Platte)

Die Körperschwankung, die mithilfe der statischen Posturografie aufgenommen wird, wird mit Hilfe einer Kraftmessplatte ermittelt. Optisch gleicht eine Kraftmessplatte einer elektronischen Personenwaage. In der Platte sind vier Kraftaufnehmer installiert, die durch den sich ständig bewegenden Körperschwerpunkt auf der Platte die Körperschwankungen aufzeichnen können (Stoll et al. 2004). Kraftmessplatten gibt es in den verschiedensten Bauformen. In dieser Studie wurde die Enke-Platte verwendet.

Das zugehörige Computerprogramm ermöglicht während des Balance-Screenings eben diese Aufzeichnung des Schwerpunktes und analysiert das Schwankungsverhalten der Probanden. Somit können die einzelnen Ergebnisse einfach miteinander verglichen werden. Kraftmessplatten zum Aufzeichnen von Körperschwankungen werden schon seit vielen Jahrzehnten benutzt, allerdings ist der Nutzen pathologische Schwankungen aufzudecken nicht vollends bewiesen und im klinischen Sinne auch nicht wirklich relevant (Baloh 1994).

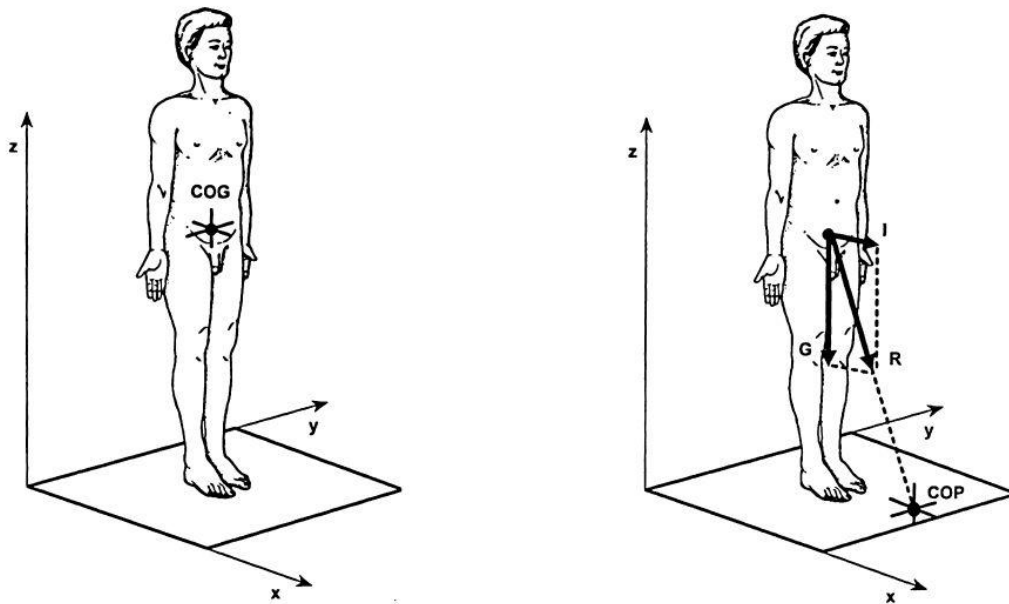


Abbildung 5: Funktionsweise von Kraftmessplatten (Biomedizinische Technik, Band 42, Heft 10/1997)

Obige Abbildung verdeutlicht die Funktionsweise von Kraftmessplatten. Im linken Bild steht die Versuchsperson auf der Platte, die durch die Vektoren x , y und z charakterisiert wird. Im Körpermittelpunkt befindet sich der COG (Centre of Gravity). Dieser Punkt kann durch x , y und z eindeutig beschrieben werden. Im rechten Bild wird angenommen, dass die Person sich etwas nach vorne neigt. Aus der Gewichtskraft G und der Inertialkraft I resultiert der Vektor R . Sein Durchstoßpunkt auf der Platte beschreibt den COP (Centre of Pressure).

1.6.2 Mobile Posturografie (VertiGuard®-System)

Das VertiGuard® –System ist ein vibrotaktiler Neurofeedbacksystem sowie ein Diagnostik-Gerät, mit dem eine mobile und dynamische Posturografie möglich ist. Das Gerät selbst wird mit den dazugehörigen Vibratoren an einem Gürtel um den Bauch getragen. Es zeichnet mit Hilfe von zwei zueinander orthogonal ausgerichteten Gyroskopen, die sich im Steuergerät des Systems befinden, die seitliche Körperschwankung sowie die Schwankung des Probanden nach vorne und hinten während der Übung ununterbrochen auf. Dargestellt wird die Körperschwankung in Winkelsekunden (Basta und Ernst 2011a).

Mit dem VertiGuard®–System wird der Übungsparcours des SBDT (Standard Balance Defizit Test) oder bei Probanden, die das 60. Lebensjahr überschritten haben, der gSBDT durchlaufen.

Die Übungen des gSBDT sind dem Unterpunkt „Erster Termin“ zu entnehmen, welcher unter dem Kapitel Studienablauf zu finden ist.

Die fortlaufend aufgezeichneten Körperschwankungen der jeweiligen durchgeführten Übungen werden mit den im Gerät hinterlegten alters- und geschlechtsspezifischen Normwerten verglichen. Aus den daraus ermittelten Defiziten erstellt das VertiGuard®–System automatisch ein Trainingsprogramm mit bis zu sechs Übungen, bei denen der Proband die größten Defizite hat. Bei dem Trainieren der jeweiligen Übung geben die am Gürtel befestigten Vibratoren, die sich jeweils rechts, links, vorne und hinten am Gürtel befinden, beim Überschreiten der im Gerät implementierten Feedbackschwellen einen Vibrationsimpuls ab. Die Feedbackschwellen ergeben sich aus der vorher im gSBDT ermittelten Körperschwankung des Probanden und des im Gerät hinterlegten Normwertes (Basta und Ernst 2011a).

1.7 Gleichgewichts-Screening-Tests

1.7.1 Unterberger-Test

„Der Unterberger-Test bzw. -Tretversuch prüft im Gegensatz zum statischen Romberg-Test die Koordinationsleistung unter dynamischen Bedingungen. Im ruhigen, abgedunkelten Raum soll der Patient mit geschlossenen Augen und ausgestreckten Armen (Handflächen nach oben) 50-80 Schritte auf der Stelle treten.“ (Ernst und Basta 2012).

Anhand einer Skala wird beobachtet, ob der Proband sich um die eigene Achse dreht oder ob er gerade stehen bleibt.

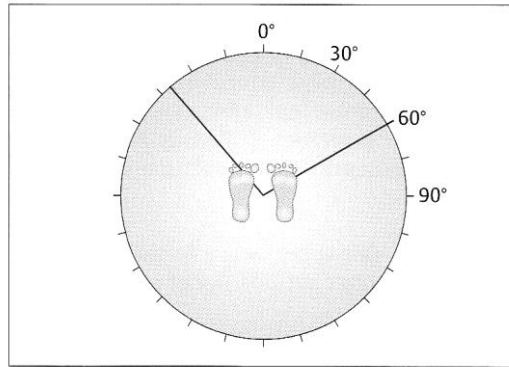


Abbildung 6: Skala für den Unterberger-Tretversuch (Stoll, Most, Tegenthoff; Schwindel und Gleichgewichtsstörungen; 2004)

Diesen Test sollten die Probanden zu Beginn der Studie einmal in Ruhe und einmal in Lärm durchführen. Am Ende der Studie, nach dem Training, wurde der Test erneut durchgeführt und eventuelle Auffälligkeiten bzw. Veränderungen festgehalten.

1.7.2 Romberg-Test

Er wurde direkt nach dem Unterberger-Test durchgeführt. Hierbei steht der Proband ohne Schuhwerk auf festem Untergrund. Es gibt mehrere zulässige Varianten, die Arme während der Durchführung zu halten. Entweder sind die Arme locker hängen zu lassen oder man verschränkt sie vor der Brust. Die dritte Möglichkeit ist die Supinationsstellung, bei der die Arme nach vorne ausgestreckt werden. Die Handflächen zeigen dabei nach oben. Die Augen sollten während des Untersuchungszeitraums geschlossen sein. Die Probanden werden für eine Minute beobachtet und eine eventuelle Fallneigung festgehalten (Stoll et al. 2004).

1.8 Klassifizierung des Hörverlustes

Da in der Studie auch der Zusammenhang zwischen Standfestigkeit, Gleichgewicht und dem individuellen Hörverlust der Probanden hergestellt werden sollte, wurde die Klassifizierung nach WHO zu Grunde gelegt. Diese

berücksichtigt den Hörverlust in den Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz und mittelt diesen Hörverlust dann. Da sich in der Studie gezeigt hat, dass sehr viele Probanden einen Hochtonabfall haben, wurde dieser WHO-Standard um die Frequenz 8000 Hz erweitert.

Tabelle 2: Klassifizierung des Hörverlustes nach WHO (Global burden of hearing loss, 2000)

Grade of Impairment	Audiometric ISO value (average of 500, 1000, 2000, 4000 Hz)	Impairment Description
0 (no impairment)	25 dB HL or less (better ear)	No or very slight hearing problems. Able to hear whispers.
1 (slight impairment)	26-40 dB HL (better ear)	Able to hear and repeat words spoken in normal voice at 1 metre
2 (moderate impairment)	41-60 dB HL (better ear)	Able to hear and repeat words using raised voice at 1 metre
3 (severe impairment)	61-80 dB HL (better ear)	Able to hear some words when shouted into better ear
4 (profound impairment including deafness)	81 dB HL or greater (better ear)	Unable to hear and understand even a shouted voice

Es zeigte sich folgende Verteilung der Probanden:

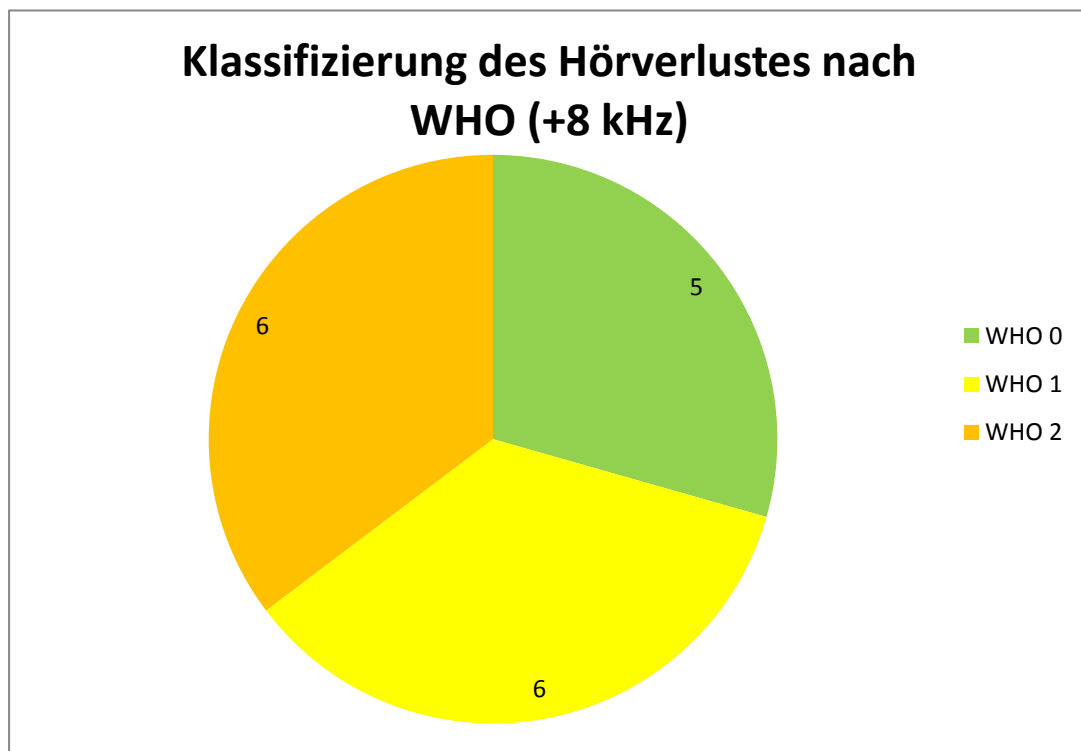


Abbildung 7: Klassifizierung der Probanden nach WHO

An dieser Studie nahmen also sowohl normal hörende Personen (5), als auch Probanden mit einer Hörstörung (12) teil.

Tabelle 3: Einteilung der Probanden in WHO-Gruppen nach ID

WHO 0	WHO 1	WHO 2
9	8	6
17	12	10
11	7	14
18	23	13
21	22	19
	20	16

2 Material und Methoden

2.1.1 Versuchsaufbau

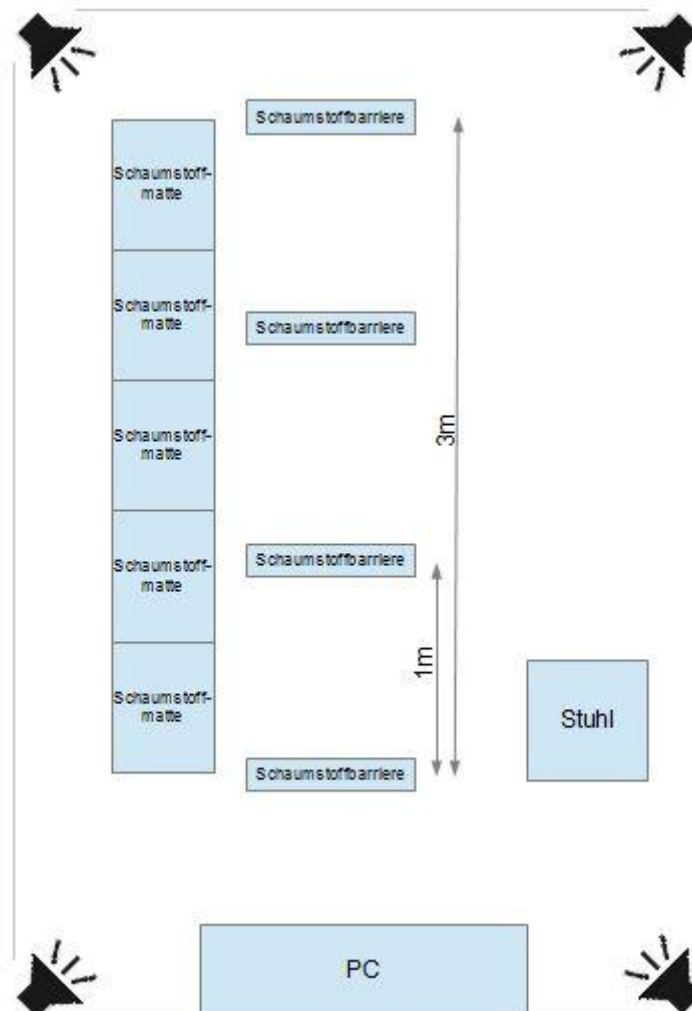


Abbildung 8: Schematischer Versuchsaufbau (eigene Abbildung)

Der gSBDT sowie das vibrotaktile Neurofeedbacktraining wurden im Raum -1.07 der Hochschule Aalen am Campus Burren durchgeführt. Der Raum wurde in keiner Weise anderweitig genutzt, so dass sicher gestellt war, dass der Versuchsaufbau nicht verändert oder beeinträchtigt wird. Im hinteren Bereich des Raums befand sich der Untersuchertisch mit allen elektrischen Geräten, wie zum Beispiel Computer, Enke-Platte und VertiGuard®-System. Hier befanden sich auch der AV-Receiver, an dem die vier Nubert Boxen angeschlossen waren. Die Boxen befanden sich jeweils in einer Ecke des Raumes. Hierbei

wurde darauf geachtet, dass die zwei Boxen, die das rechte Ohr des Kunstkopfes wiedergeben, sich auch auf der rechten Seite des Probanden befinden. Die zwei Boxen für das linke Ohr standen dementsprechend auf der linken Seite des Raums. Vor dem Tisch befand sich die Schaumstoffbahn, bestehend aus fünf einzelnen Schaumstoffkissen. Daneben waren die Schaumstoffbarrieren aufgestellt. Sie hatten alle einen Abstand von einem Meter. Somit ergibt sich eine Laufstrecke von drei Metern. Neben der Schaumstoffbahn war ausreichend Platz, sodass die Probanden dort die Laufübungen des gSBDT absolvieren konnten. Dazu wurde ein Stuhl im Raum positioniert, der für die letzten beiden Übungen des gSBDT benötigt wurde („hinsetzen“ und „aufstehen“).

2.1.2 Probanden

An dieser Studie nahmen insgesamt 17 Probanden aus dem Raum Aalen und Umgebung teil. Sie sind alle mindestens 60 Jahre alt und leiden an gelegentlichem Schwindel. Normalhörigkeit war jedoch im Gegensatz zu einer Schallleitungsschwerhörigkeit kein Ausschlusskriterium für die Studie. Sollten Probanden schon mit Hörgeräten versorgt gewesen sein, war eine Voraussetzung für die Zulassung zur Studie ein um mindestens 2 dB besserer SNR als unversorgt im Oldenburger Satztest. Ansonsten weisen die Probanden eine normale kognitive Leistungsfähigkeit auf.

Die Probandengruppe setzte sich aus neun männlichen und sieben weiblichen Personen zwischen 60 und 81 Jahren zusammen. Das mittlere Alter der Probandengruppe betrug 69,9 Jahre mit einer Standardabweichung von 8,5 Jahren.

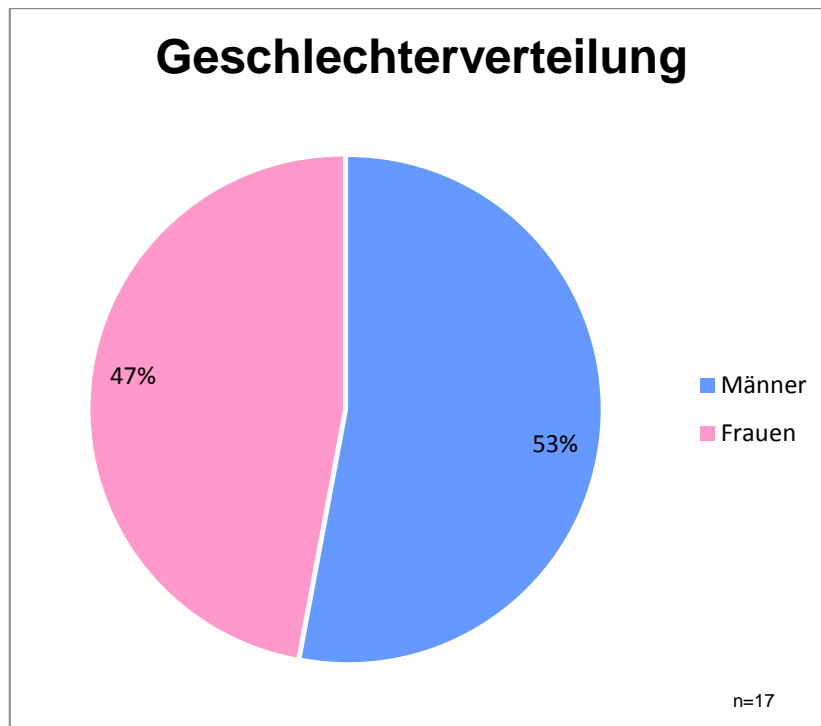


Abbildung 9: Geschlechterverteilung der Studie

2.1.3 Verwendete Hard- und Software

1. ENKE-Platte, KM-Enke GmbH, 71634 Ludwigsburg

Typ: E 0508 Baujahr: 2006

Software: Vestlab Version 7.1, GN Otometrics GmbH & Co. KG,
48157 Münster

2. VertiGuard® RT, Zeisberg GmbH, 72805 Lichtenstein

Typ: 0804, Hardware ID: 1

Firmware Version: 1.1.0 (3)

Firmware Datum: 18.08.2012

Software: VertiGuard Version 1.1.0-15

3. 4x Nubert nuLine Lautsprecher, Nubert electronic GmbH,
73525 Schwäbisch Gmünd

Typ: 30 Rechts (2x), 30 Links (2x)

Impedanz: 4 Ohm

Nennbelastbarkeit: 150 Watt

4. Nubert nuLine Centerbox, Nubert electronic GmbH,
73525 Schwäbisch Gmünd

Typ: CS-40

Impedanz: 4 Ohm

Nennbelastbarkeit: 220 Watt

5. Nubert nuLine Bassbox, Nubert electronic GmbH,
73525 Schwäbisch Gmünd

Typ: AW- 1000

6. Denon AV Surround Receiver, Denon Deutschland Division of D&M
Germany GmbH, 41334 Nettetal

Typ: AVR- 3805

7. Audacity 1.3 Beta (Unicode)

8. HMS IV Kunstkopf, Head Acoustics GmbH, 52134 Herzogenrath

2.1.4 Tonspur

Die für die Studie verwendete Tonspur wurde selbst angefertigt. Da die Aufgabenstellung der Studie verlangte, einen alltäglichen und natürlichen Lärm zu verwenden, den die Probanden kennen, fiel die Entscheidung auf Straßenlärm. Für die Erstellung wurden zwei Tonspuren mit Hilfe des Kunstkopfes von Head Acoustics (Head Acoustics GmbH, Herzogenrath) aufgenommen. Dies geschah zum einen an einer Bundesstraße in der Aalener Umgebung und zum anderen an einer stark befahrenen und belebten Kreuzung in der Innenstadt. Mit dem Audioeditor Audacity wurden beide Tonspuren übereinander gelegt und laute Geräusche wie Hundebellen, Sanitärer Sirenen, Motorräder etc. dupliziert und in die Tonspur nochmals eingefügt. Dadurch wurde die Spur interessanter und akustisch anspruchsvoller.

Die Tonspur ist 20 Minuten lang und wurde während der Trainingseinheiten wiederholend wiedergegeben. Abgespielt wurde die Tondatei über den Windows Media Player des Arbeitslaptops, an dem der Denon AV Surround Receiver und die 4 Nubert Lautsprecher angeschlossen waren.

Die Tonspur wurde auf 75 dB(A) eingepegelt, was in etwa der realen Lautstärke des aufgenommen Straßenlärms entsprach.

2.1.5 Studienablauf

2.1.5.1 Erster Termin

Die Probanden wurden zu insgesamt sechs Terminen an die Hochschule Aalen eingeladen. Für den ersten Termin wurden zwei Stunden eingeplant. Nach einem ausführlichen Anamnesegespräch mit Ausfüllen des selbsterstellten Fragebogens (siehe Anhang) wurde otoskopiert. Nachdem man sich mit dem Otoskop einen Überblick über Gehörgang und Trommelfell verschafft hatte, nahmen die Probanden an einem Hörtest teil, damit eine eventuell vorliegende Schwerhörigkeit erkannt und klassifiziert werden konnte. Bei keinem der Probanden lag ein pathologischer Befund vor.

Der Hörtest bestand aus einer Tonaudiometrie, bei der die Hörschwelle in den herkömmlichen Frequenzen von 125 Hz bis 8kHz ermittelt wurde. Im Anschluss daran wurde eine Sprachaudiometrie mit Hilfe des Freiburger Sprachverständlichkeitstests durchgeführt. Abschließend wurde der Signal-Rausch-Abstand mit dem Oldenburger Satztest ermittelt.

Der zweite Teil des ersten Termins bestand aus der Durchführung des Unterberger-Tretversuchs, des Romberg-Tests, des Balance-Screenings mit der Enke-Platte und des gSBDT mit dem VertiGuard®.

Das Balance-Screening der Enke-Platte bestand aus vier statischen Tests. Zuerst standen die Probanden auf der Platte mit geöffneten Augen. Danach wurden sie gebeten, die Augen zu schließen. Der dritte und vierte Test waren inhaltlich genau gleich mit den beiden erstgenannten Versuchen, allerdings fanden sie diesmal auf einer Schaumstoffunterlage statt. Jeder Zweibeinstand dieses Screenings dauerte 20 Sekunden und wurde von der Enke-Platte aufgezeichnet und analysiert. Da die Enke-Platte weitestgehend über Geometrie funktioniert, mussten zuvor das Gewicht und die Größe der Probanden eingegeben werden. Anhand dieser Informationen ist diese Platte in der Lage, den Schwerpunkt der Person zu ermitteln und den individuellen Verlauf über die 20-sekündige Testzeit aufzuzeichnen. Als Anhaltspunkt bekamen die Probanden eine individuelle Sturzgefahrenanalyse nach den Versuchen, die sich aus den Ampelfarben rot, gelb und grün zusammensetzte. Die Enke-Platte liefert als auswertbaren Faktor eine Geschwindigkeit in mm/s, die zeigt, wie schnell sich der sichtbare Schwerpunkt sich im Durchschnitt bei dieser Übung bewegt hat.

Der Versuchsablauf des VertiGuard®-Systems besteht aus 14 Übungen, die an dieser Stelle kurz erklärt werden. Ebenfalls soll die Einweisung der Probanden erläutert werden.

Die Stehübungen dauerten alle ebenfalls 20 Sekunden. Sobald die Messung am Laptop gestartet wurde, liefen diese 20 Sekunden ab. Das VertiGuard®RT-System stoppte die Messung nach Ablauf der Zeit automatisch.

Bei den Geh-Übungen beendete der Untersucher die Messung per Tastendruck am Steuergerät des Systems, sobald die Aufgabe der Übung erfüllt war.

1. Zweibeinstand (Augen auf)

Die Probanden wurden gebeten, sich ganz normal hinzustellen und dabei eine möglichst habituelle Körperhaltung einzunehmen. Um den Versuch möglichst alltagsnah zu realisieren, sollten Sie also nicht besonders stramm stehen, sondern sich so hinstellen, als würden sie beispielsweise an der Haltestelle auf den Bus warten. Dabei fixierten die meisten Probanden einen Punkt an der Wand.



Abbildung 10: Zweibeinstand mit offenen Augen (eigene Abbildung)

2. Zweibeinstand (Augen zu)

Für diesen Versuch galt die gleiche Anweisung wie beim Zweibeinstand mit offenen Augen. Allerdings sollten die Probanden die Augen bei dieser Übung schließen, während der Countdown zu Beginn des Tests ablief. Somit war gewährleistet, dass alle Probanden während der 20 Sekunden Testzeit die Augen geschlossen hielten.



Abbildung 11: Zweibeinstand mit geschlossenen Augen (eigene Abbildung)

3. Einbeinstand (Augen auf)

Die Probanden sollten sich während des Countdowns auf ihr Standbein stellen. Wenn sie sich nicht sicher waren, welches ihr Standbein ist, probierten sie kurz aus, auf welchem Bein sie sich sicherer fühlten. Ihnen wurde erklärt, dass sie sämtliche Schwankbewegungen ausgleichen dürfen und zur Not einmal mit dem Fuß absetzen dürfen, bevor sie zu stürzen drohen.



Abbildung 12: Einbeinstand mit offenen Augen (eigene Abbildung)

4. Acht Tip-Top-Schritte (Augen auf)

Bei dieser Übung sollten die Probanden immer einen Fuß genau vor den anderen setzen, ähnlich dem Laufen über einen Schwebebalken. Hierbei sollten sie darauf achten, die Ferse des vorgesetzten Fußes genau an die Zehen des stehenden Fußes zu setzen. Einige Probanden schauten dabei in die Ferne, manche schauten auf ihre Füße, je nachdem, wie sie sich sicherer fühlten. Nach den acht Schritten wurde die Übung manuell per Druck auf einen Knopf am Gerät beendet.



Abbildung 13: 8 Tip-Top-Schritte (eigene Abbildung)

5. Zweibeinstand auf der Schaumstoffmatte (Augen auf)

Hier sollten die Probanden sich auf eine der ausgelegten Schaumstoffmatten stellen, die Anweisungen hierfür entsprachen ansonsten denen der ersten beiden Übungen.



Abbildung 14: Zweibeinstand auf Schaumstoff mit offenen Augen (eigene Abbildung)

6. Zweibeinstand auf der Schaumstoffmatte (Augen zu)

Bei dieser Übung standen die Probanden weiterhin auf der Schaumstoffmatte aus dem vorangegangenen Versuch. Sie wurden erneut gebeten, die Augen während des ablaufenden Countdowns zu schließen.



**Abbildung 15: Zweibeinstand auf Schaumstoff mit geschlossenen Augen (eigene
Abbildung)**

7. Acht Tip-Top-Schritte auf der Schaumstoffmatte (Augen auf)

Dieser Test entspricht in seiner Anweisung Übung 4. Diesmal sollten die Schritte aber auf einer ausgelegten Schaumstoffbahn zurückgelegt werden. Diese Übung wurde von den meisten Probanden als die schwierigste beschrieben.



Abbildung 16: 8 Tip-Top-Schritte auf Schaumstoff (eigene Abbildung)

8. Drei Meter laufen (Augen auf)

Bei dieser Übung sollten die Probanden die abgemessene 3m-Strecke zurücklegen. Sie sollten in dem Tempo laufen, in dem sie beispielsweise auch durch den Wald spazieren. Es war wichtig, dass sie nicht künstlich langsam und vorsichtig gehen, sondern dass auch diese Übung wieder so alltagsnah wie möglich ist.



Abbildung 17: 3m Laufen mit offenen Augen (eigene Abbildung)

9. Drei Meter laufen mit Kopfkreisen

Diese Übung war für die meisten Probanden sehr anspruchsvoll, also wurde vor dem ersten aufgezeichneten Versuch in der Regel ein Probedurchlauf gestartet. Die Probanden sollten ihren Kopf in eine Richtung kontinuierlich kreisen, welche Richtung war egal. Sie sollte nur nicht während der Übung geändert werden. Während sie mit dem Kopf kreisten, sollten sie ebenfalls die drei Meter zurücklegen.



Abbildung 18: 3m Laufen mit Kopfkreisen (eigene Abbildung)

10. Drei Meter Laufen mit Kopfnicken

Dieser Test war subjektiv für die Meisten einfacher, als der Durchgang zuvor mit kreisendem Kopf. Hier sollten die Probanden den Kopf immer auf und ab nicken, während sie die 3m zurücklegten.



Abbildung 19: 3m Laufen mit Kopfnicken (eigene Abbildung)

11. Drei Meter Laufen (Augen zu)

Bei dieser Übung durften die Probanden den Kopf wieder ganz normal halten. Hier sollten Sie die Strecke allerdings mit geschlossenen Augen zurücklegen. Um ihnen die anfängliche Angst zu nehmen, wurde vorher versichert, dass sie nirgendwo anstoßen werden.



Abbildung 20: 3m Laufen mit geschlossenen Augen (eigene Abbildung)

12. Laufen über Barrieren (Augen auf)

Die aufgestellten Schaumstoffbarrieren sollten immer mit dem linken Fuß zuerst überwunden werden. Den rechten Fuß sollten die Probanden dann neben den Linken stellen und die nächste Barriere wieder mit dem linken Fuß zuerst überwinden. Bei einigen Probanden wurde eine Modifikation dieses Aufbaus vorgenommen. Zwei weibliche Probanden waren relativ klein und somit nicht in der Lage die Barrieren laut Versuchsaufbau zu überwinden. Hier wurde der Abstand der Barrieren auf 0,8m verringert.



Abbildung 21: Laufen über Barrieren (eigene Abbildung)

13. Hinsetzen

Die Probanden sollten sich hier vor den bereitgestellten Stuhl stellen und sich ohne Zuhilfenahme der Hände und ohne sonstiges Abstützen nach Ablauf des Countdowns hinsetzen.



Abbildung 22: Hinsetzen (eigene Abbildung)

14. Aufstehen

Nach Ablauf des Countdowns sollten die Probanden ohne Zuhilfenahme der Hände und ohne Abstützen vom Stuhl aufstehen.



Abbildung 23: Aufstehen (eigene Abbildung)

Nach der letzten Übung war der Messablauf beendet. Die Software hat alle Ergebnisse gespeichert und analysiert. Die Probanden konnten sich auf dem Bildschirm die Auswertung ihrer Ergebnisse ansehen.

Nach Abschluss dieser beiden Verfahren zur Posturografie sollten die Patienten noch den Unterberger-Tretversuch und den Romberg-Test durchführen. Die Ergebnisse dieser beiden Screening-Versuche wurden auf dem Anamnesebogen festgehalten.

2.1.5.2 Zweiter Termin

An dem zweiten von insgesamt sechs Terminen wurden die im vorherigen Kapitel erwähnten Posturografie-Untersuchungen sowie der Romberg-Test und der Unterberger-Tretversuch nochmals durchgeführt, dieses Mal allerdings unter Lärmexposition durch die abgespielte Tonspur. Diese Werte wurden mit denen des ersten Termins verglichen. Das Ergebnis kann dem Kapitel Ergebnisse entnommen werden.

Im Anschluss daran wurde mit dem Probanden trainiert. Dazu wurde das vom VertiGuard®-System vorgeschlagene Training verwendet, das aus dem gSBDT unter Lärmexposition resultierte. Bei großen Defiziten bestand das Training aus maximal sechs Übungen. Bei Probanden mit geringeren Gleichgewichtsdefiziten waren es entsprechend weniger Übungen. Bei einer Trainingssitzung wurde der Trainingsdurchlauf von diesen maximal sechs Übungen fünfmal in einer Art Zirkeltraining wiederholt.

2.1.5.3 Dritter bis fünfter Termin

Der dritte Termin bestand aus der zweiten Trainingssitzung. Es wurde genauso trainiert wie das VertiGuard®-System es bei dem vorhergegangenen Termin ermittelt hatte.

Der vierte und fünfte Termin verliefen analog zu dritten.

2.1.5.4 Sechster Termin

Der sechste Termin war der letzte Termin und beendete die Teilnahme für den Probanden an der Studie.

An diesem Termin wurde zum fünften Mal das Training absolviert. Anschließend wurde der Unterberger-Tretversuch, der Romberg-Test, die statische Posturografie mittels der Enke-Platte und der gSBDT mit dem VertiGuard®-System durchgeführt.

Die neuen Werte unter Lärmexposition wurden mit den Werten unter Lärmexposition vor dem Training verglichen.

Dabei stellte sich heraus, dass der individuelle Trainingserfolg in erster Linie vom Alter der Probanden, von der neurologischen Befindlichkeit und der physischen Aktivität abhing. Hierbei waren Probanden, die Hobbies mit kombinierten visuellen, vestibulären und somatosensorischen Inputs verfolgen, im Vorteil (Baloh 1994).

2.1.6 Statistische Tests zur Auswertung

Für die Auswertung des durch den VertiGuard® ermittelten Sturzrisikos wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit ungleichen Zellenumfängen und Abhängigkeit auf dem zweiten Faktor durchgeführt. Im Rahmen dieser Varianzanalyse wurden zur genaueren Auswertung der einzelnen Faktorstufen und Zellen der Scheffé- und Duncan-Test herangezogen. Im Folgenden werden diese Tests genauer beschrieben.

2.1.6.1 Varianzanalyse

Die Varianzanalyse untersucht das Zusammenwirken wechselseitiger Beeinflussungen mehrerer Variablen. Der t-Test untersucht dies auch, allerdings nur in zwei Gruppen. Da es in dieser Studie allerdings drei verschiedene Probandengruppen gibt (WHO 0, WHO 1, WHO 2), kann man hier den t-Test nicht verwenden.

2.1.6.2 Scheffé- Test

Im Rahmen einer Varianzanalyse lässt sich der Scheffé-Test verwenden, um signifikante Unterschiede zwischen Gruppenmittelwerten aufzudecken. Er zählt zu den konservativsten Post-Hoc-Tests, da er gegenüber Missachtungen von

Voraussetzungen (z.B. Varianzhomogenität) sehr unempfindlich ist und eher zu Gunsten der Nullhypothese entscheidet.

Der Scheffé-Test dient auch dazu, den Hypothesenkomplex der Aufgabenstellung und damit verbunden alle möglichen Einzelvergleiche der Gesamtdaten auf dem α -Niveau der Varianzanalyse abzusichern (Bortz und Schuster 2010).

2.1.6.3 Duncan-Test

Der Duncan-Test ist ein weiterer Post-Hoc-Test und überprüft, allgemein formuliert, ob sich homogene Untergruppen zwischen den einzelnen Faktorstufen innerhalb eines Faktors bilden lassen.

3 Ergebnisse

3.1 Zweifache Varianzanalyse mit ungleichen Zellenumfängen und Abhängigkeit der Zellen auf dem zweiten Faktor

Tabelle 4: Sturzrisiko Varianzanalyse

	Ruhe	Lärm	Abschluss
WHO 0	0,4	0,39	0,39
	0,37	0,47	0,4
	0,33	0,48	0,38
	0,48	0,37	0,4
	0,39	0,46	0,42
WHO 1	0,45	0,36	0,27
	0,34	0,36	0,29
	0,35	0,33	0,32
	0,53	0,5	0,43
	0,4	0,34	0,36
	0,57	0,6	0,5
WHO 2	0,43	0,45	0,32
	0,44	0,36	0,34
	0,44	0,44	0,43
	0,5	0,39	0,33
	0,5	0,51	0,42
	0,57	0,53	0,45
Mittelwert	0,44	0,43	0,38
Stabw.	0,08	0,08	0,06

Das VertiGuard®-System gibt nach jedem gSBDT ein individuelles Sturzrisiko für den Probanden aus. Dieses richtet sich nach der individuellen Körperschwankung verglichen mit den alters- und geschlechtsspezifischen Normwerten. Für jeden Probanden wurden diese Prozentangaben festgehalten und in einer Tabelle veranschaulicht.

In der WHO 0-Gruppe befinden sich fünf Probanden, WHO 1 und WHO 2 beinhalten jeweils sechs Versuchspersonen. Unter den Ergebnissen für die einzelnen Gruppen in den einzelnen Testbedingungen sieht man die gemittelten Sturzrisiken und die zusammengefasste Standardabweichung. Die einzelnen Ergebnisse können der Tabelle entnommen werden, gemittelt sieht man jedoch,

dass die Probanden ein gewisses Sturzrisiko im Durchgang in Ruhe aufweisen (44%). Beim zweiten Termin in Lärm ist das Ergebnis leicht verbessert (43%). Im Abschluss-Durchgang wurde ein Sturzrisiko von 38% erzielt. Gemittelt über alle Probanden ist dies eine deutliche Verringerung des Sturzrisikos (das zeigt auch die geringere Standardabweichung). Überträgt man diese Ergebnisse auf die Sturzampel, hätten die Probanden am Anfang also eine gelbe Sturzampel aufgewiesen (→ Training indiziert), am Ende nach dem Training wäre sie grün.

Ziel der Varianzanalyse war es nun, herauszufinden, ob es signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Zellenumfängen gibt. Dafür wurde die zweifache Varianzanalyse mit ungleichen Zellenumfängen (da in der WHO 0-Gruppe nur fünf Probanden vorhanden waren) mit Abhängigkeit auf dem zweiten Faktor nach Zöfel handschriftlich durchgerechnet. Als Ergebnis erhält man folgende Tabelle:

Tabelle 5: Ergebnis der Varianzanalyse

Art der Variation	QS	df	MQ	F	F _{kritisch}	
zwischen A	0,01	2	0,005	0,4166	3,74 für p=0,05	n.s.
Vpn innerhalb der Gruppen	0,17	14	0,012			
zwischen B	0,04	2	0,02	11,11	8,93 für p=0,001	***
B*Vpn	0,05	28	0,018			

Vpn	Versuchsperson
QS	Quadratsumme
df	Anzahl der Freiheitsgrade
MQ	mittleres Quadrat

Die Tabelle beschreibt die Überprüfung auf signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Faktoren. Faktor A beschreibt die unterschiedlichen Hörverlustgruppen (WHO 0, 1 und 2). Faktor B bezieht sich auf die Untersuchungsbedingungen (Ruhe, Lärm und Abschluss nach absolviertem Training). Nach der Rechnung erhält man für den Faktor A einen F-Wert von 0,4166. Der kritische F-Wert innerhalb dieses Faktors beträgt 3,74 für ein Signifikanzniveau von p=0,05. Diesen Wert erhält man aus einer Tabelle. Hierfür benötigt man die Freiheitsgrade, die ebenfalls vorher errechnet werden. Man

liest also in der F-Tabelle den kritischen Wert für die Freiheitsgrade 2 und 14 ab und landet dann bei oben genannter 3,74. Auf dem 5%-Niveau ist der Unterschied also nicht signifikant.

Für den Faktor B (Untersuchungsbedingung) ergibt sich nach der Durchrechnung ein F-Wert von 11,11. Nach dem gleichen Schema wie oben erhält man für die Freiheitsgrade 2 und 28 einen kritischen F-Wert von 8,93 auf dem 0,1%-Niveau. Dieses Ergebnis ist also höchst signifikant.

Tabelle 6: Wechselwirkungen

Art der Variation	QS	df	MQ	F	F _{kritisch}	
A*B	0,01	4	0,0025	1,38	2,71 für p=0,05	n.s.
B*Vpn	0,05	28	0,018			

Dieser Schritt überprüft eventuelle Wechselwirkungen in den einzelnen Gruppen. Man erhält in der Rechnung einen F-Wert von 1,38. Der kritische F-Wert auf dem 5%-Niveau beträgt jedoch 2,71 (für die Freiheitsgrade 4 und 28). Somit ist das Ergebnis nicht signifikant, und es kann davon ausgegangen werden, dass es keine zufälligen Wechselwirkungen innerhalb der beiden Faktoren gibt.

Faktor A weist also keine signifikanten Unterschiede auf, aus diesem Grund wurde hier nicht weiter auf Signifikanz der einzelnen Faktorstufen getestet.

3.1.1 Ergebnisse des Scheffé-Tests

Faktor B wird nun mit dem Scheffé-Test - Freiheitsgrade df (2, 28) - noch paarweise untersucht:

Ruhe-Lärm: $F=0,39$; F_{kritisch} (für $p=0,05$)= $3,34 \rightarrow$ nicht signifikant

Lärm-Abschluss: $F=16,43$; F_{kritisch} (für $p=0,001$)= $8,93 \rightarrow ***$

Ruhe-Abschluss: $F=21,88$; F_{kritisch} (für $p=0,001$)= $8,93 \rightarrow ***$

Der Vergleich von Ruhe-Abschluss ergibt nur indirekt einen Sinn und wurde nur der Vollständigkeit halber mit überprüft, da dieses Ergebnis keinen Bezug zu den Arbeitshypothesen aufweist. Der errechnete F-Wert beträgt hier 21,88. Der kritische Wert liegt bei 8,93 auf dem 0,1%-Niveau. Hier ist das Ergebnis also höchst signifikant.

Es zeigt sich auch kein signifikanter Unterschied zwischen den Sturzrisiken in Ruhe und in Lärm. Der F-Wert liegt bei 0,39. Der zugehörige kritische Wert auf dem 5%-Niveau beträgt 3,34.

Die Sturzrisiken von Lärm und Abschluss unterscheiden sich höchst signifikant. Der F-Wert beträgt hier 16,43, der zugehörige kritische Wert auf dem 0,1%-Niveau liegt bei 8,39. Auch die Mittelwerte und die Standardabweichung zeigen die Tendenz zur Verringerung des Sturzrisikos von Lärm zu Abschluss.

3.1.2 Ergebnisse des Duncan-Tests

Der paarweise Vergleich der Zellenmittelwerte innerhalb der einzelnen Faktorstufen erfolgt nun noch mit dem Duncan-Test.

Tabelle 7: Ergebnisse des Duncan-Tests

		d (kritische Differenz)	Mittelwertdifferenz	
WHO 0	Lärm-Abschluss	0,058	0,036	n.s.
WHO 1	Lärm-Abschluss	0,055	0,053	n.s.
WHO 2	Lärm-Abschluss	0,057	0,065	*

Der Scheffé-Test ergab einen höchst signifikanten Unterschied in der Testsituation Lärm–Abschluss. Der Duncan-Test überprüft nun die einzelnen WHO-Gruppen in dieser Testbedingung. Anstelle von F-Werten vergleicht man beim Duncan-Test einzelne Mittelwertdifferenzen mit dem Wert „d“. Dieser beschreibt eine kritische Mittelwertdifferenz.

In der WHO 0-Gruppe beträgt die Mittelwertdifferenz 0,036 bei einem kritischen Wert von 0,058. Dieses Ergebnis ist eindeutig nicht signifikant.

Die WHO 1-Gruppe hat eine Mittelwertdifferenz von 0,053 bei einem kritischen Wert von 0,055. Auch dieses Ergebnis ist nicht signifikant. Es ist allerdings eine Tendenz zur Signifikanz erkennbar.

Innerhalb der WHO 2-Gruppe beträgt die Mittelwertdifferenz 0,065 bei einem kritischen Wert von 0,057. Hier ist das Ergebnis also signifikant.

3.2 Graphische Darstellung der Sturzrisiko-Ergebnisse

Tabelle 8: Statistische Kennzahlen der Sturzrisiko-Ergebnisse

		MW	Stabw.	MW + Stabw.	MW - Stabw.	Max.	Min.
WHO 0	Ruhe	0,39	0,06	0,45	0,34	0,48	0,33
	Lärm	0,43	0,05	0,48	0,38	0,48	0,37
	Abschluss	0,40	0,01	0,41	0,38	0,42	0,38
WHO 1	Ruhe	0,44	0,09	0,53	0,35	0,57	0,34
	Lärm	0,42	0,11	0,52	0,31	0,60	0,33
	Abschluss	0,36	0,09	0,45	0,27	0,50	0,27
WHO 2	Ruhe	0,48	0,05	0,53	0,43	0,57	0,43
	Lärm	0,45	0,07	0,51	0,38	0,53	0,36
	Abschluss	0,38	0,06	0,44	0,32	0,45	0,32

In dieser Tabelle sind die statistischen Kennzahlen Mittelwert, Standardabweichung, Mittelwert plus Standardabweichung, Mittelwert minus Standardabweichung sowie Maximum und Minimum des Parameters Sturzrisiko aufgeführt. Sie wurden nach WHO-Gruppe und Testbedingung sortiert und in unten stehender Grafik veranschaulicht.

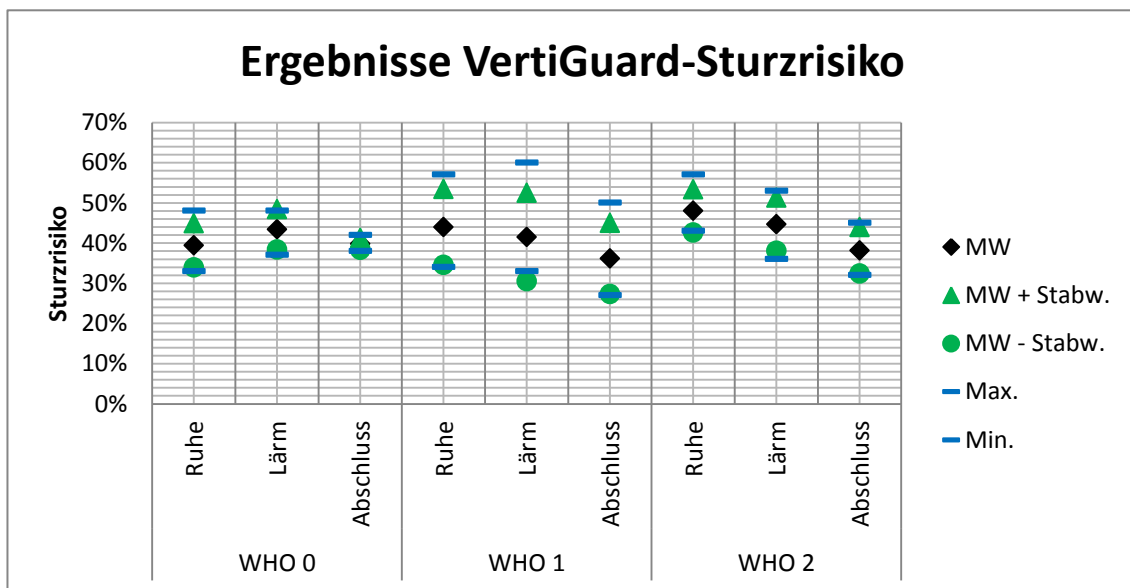


Abbildung 24: Statistische Kennzahlen der Sturzrisikoergebnisse

In der Grafik ist zu erkennen, dass die Ergebnisse der einzelnen Gruppen von Termin zu Termin besser werden und das Sturzrisiko sinkt. Die Streuung innerhalb der WHO 0-Gruppe ist insgesamt geringer als bei den Probanden mit Hörverlust.

3.3 Graphische Darstellung der Enke-Platte-Ergebnisse

3.3.1 Vergleich der WHO-Gruppen in Ruhe

Tabelle 9: Statistische Kennzahlen der WHO-Gruppen in Ruhe

			MW	Stabw.	MW + Stabw.	MW - Stabw.	Max.	Min.
WHO 0	Ruhe	Zweibeinstand (auf)	5,30	1,64	6,94	3,66	7,7	3
		Zweibeinstand (zu)	6,60	4,24	10,84	2,36	14,6	3,1
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,26	6,18	25,44	13,08	28,3	12,2
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	27,98	13,09	41,07	14,89	51,8	12
WHO 1	Ruhe	Zweibeinstand (auf)	6,03	2,14	8,17	3,89	10,3	4,2
		Zweibeinstand (zu)	6,98	2,46	9,44	4,52	9,8	3,3
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	20,20	8,67	28,87	11,53	38,6	13,8
		Zweibeinstand (Schaumst.f zu)	50,22	34,60	84,81	15,62	102,8	11,9
WHO 2	Ruhe	Zweibeinstand (auf)	5,78	2,12	7,91	3,66	9,7	3,9
		Zweibeinstand (zu)	7,17	2,55	9,71	4,62	12,2	3,7
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	26,37	5,00	31,37	21,37	34,9	20,3
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	36,88	10,71	47,59	26,18	49,6	17,4

In dieser Tabelle sind die Ergebnisse der Untersuchung mit der Enke-Platte in ruhiger Umgebung aufgelistet. Sie ist gleich aufgebaut, wie die vorherige Tabelle. Hier handelt es sich nun aber nicht um Sturzrisiken in Prozent, sondern um die mittlere Geschwindigkeit der Schwankung der Probanden auf der Platte in mm/s.

Auch diese Daten wurden in unten stehender Grafik veranschaulicht.

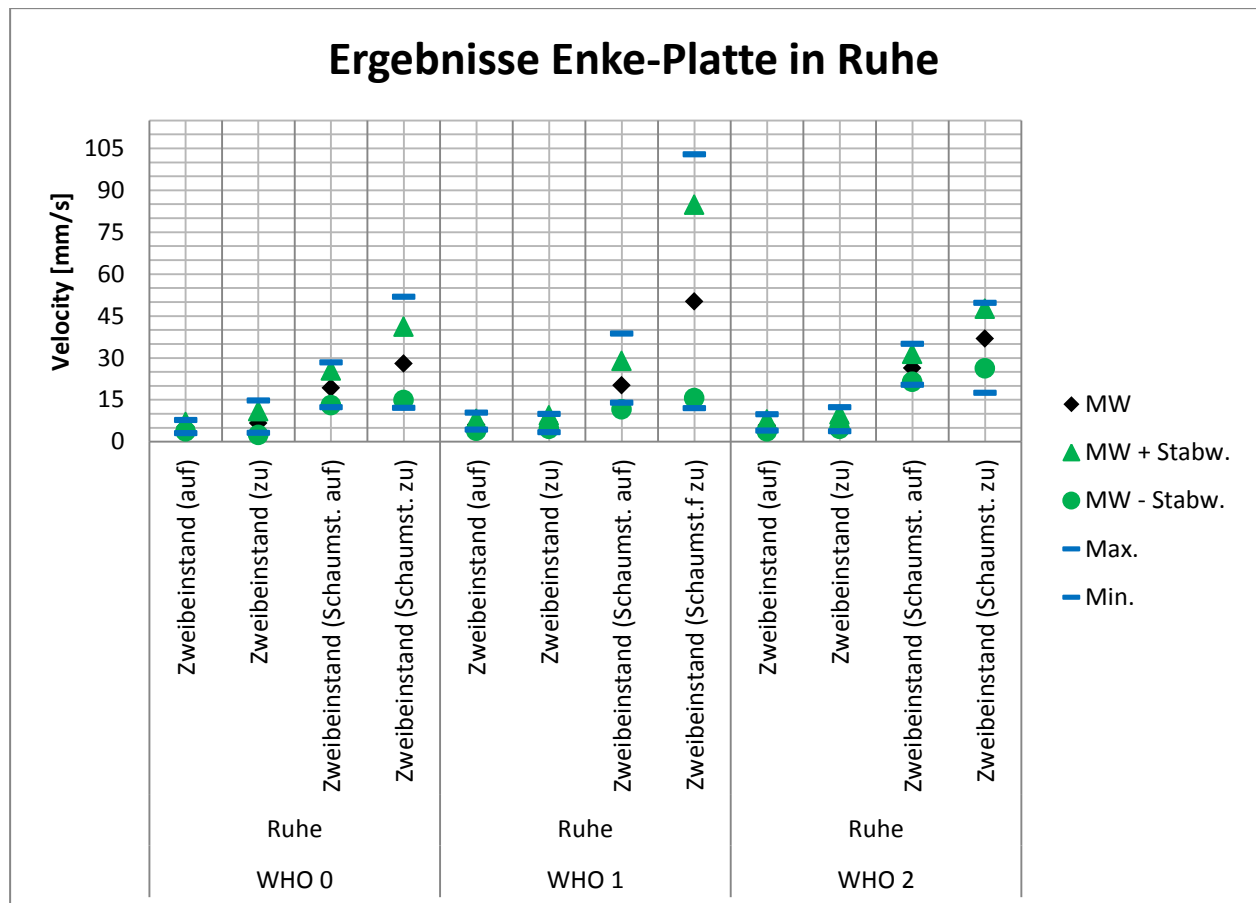


Abbildung 25: Statistische Kennzahlen der WHO-Gruppen in Ruhe

Diese Abbildung ist nach WHO-Gruppe und Übung in ruhiger Umgebung sortiert. Es handelt sich hier also nur um die Ergebnisse der Probanden beim ersten Termin. Es zeigt sich, dass die Streuung beim Zweibeinstand mit offenen Augen bei allen drei Gruppen am geringsten ist. Sie steigt mit Zunahme der Schwierigkeit der Übungen. Am meisten schwanken die Probanden also auf der Schaumstoffmatte mit geschlossenen Augen. Die Ergebnisse der WHO 1-Gruppe streuen mehr als die der anderen beiden Gruppen.

3.3.2 Vergleich der WHO-Gruppen in Lärm

Tabelle 10: Statistische Kennzahlen der WHO-Gruppen in Lärm

			MW	Stabw.	MW + Stabw.	MW - Stabw.	Max.	Min.
WHO 0	Lärm	Zweibeinstand (auf)	6,08	2,16	8,24	3,92	9,9	4
		Zweibeinstand (zu)	8,70	3,79	12,49	4,91	14	4,4
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,28	6,69	25,97	12,59	29,6	8,5
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	25,94	5,01	30,95	20,93	31,7	19,6
WHO 1	Lärm	Zweibeinstand (auf)	5,75	1,58	7,33	4,17	8	3,6
		Zweibeinstand (zu)	7,35	2,98	10,33	4,37	12,3	3,9
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,82	9,60	29,42	10,22	36	9,3
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	64,68	62,77	127,46	1,91	198,7	9,9
WHO 2	Lärm	Zweibeinstand (auf)	6,03	1,68	7,71	4,35	8,5	4,1
		Zweibeinstand (zu)	6,58	3,08	9,66	3,50	13	3,7
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,03	7,73	26,76	11,31	31	8,7
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	32,77	14,23	46,99	18,54	57,6	14,5

Diese Tabelle zeigt die Ergebnisse der Probanden beim zweiten Termin in Lärm.
Veranschaulicht auch wieder in unten stehender Grafik.

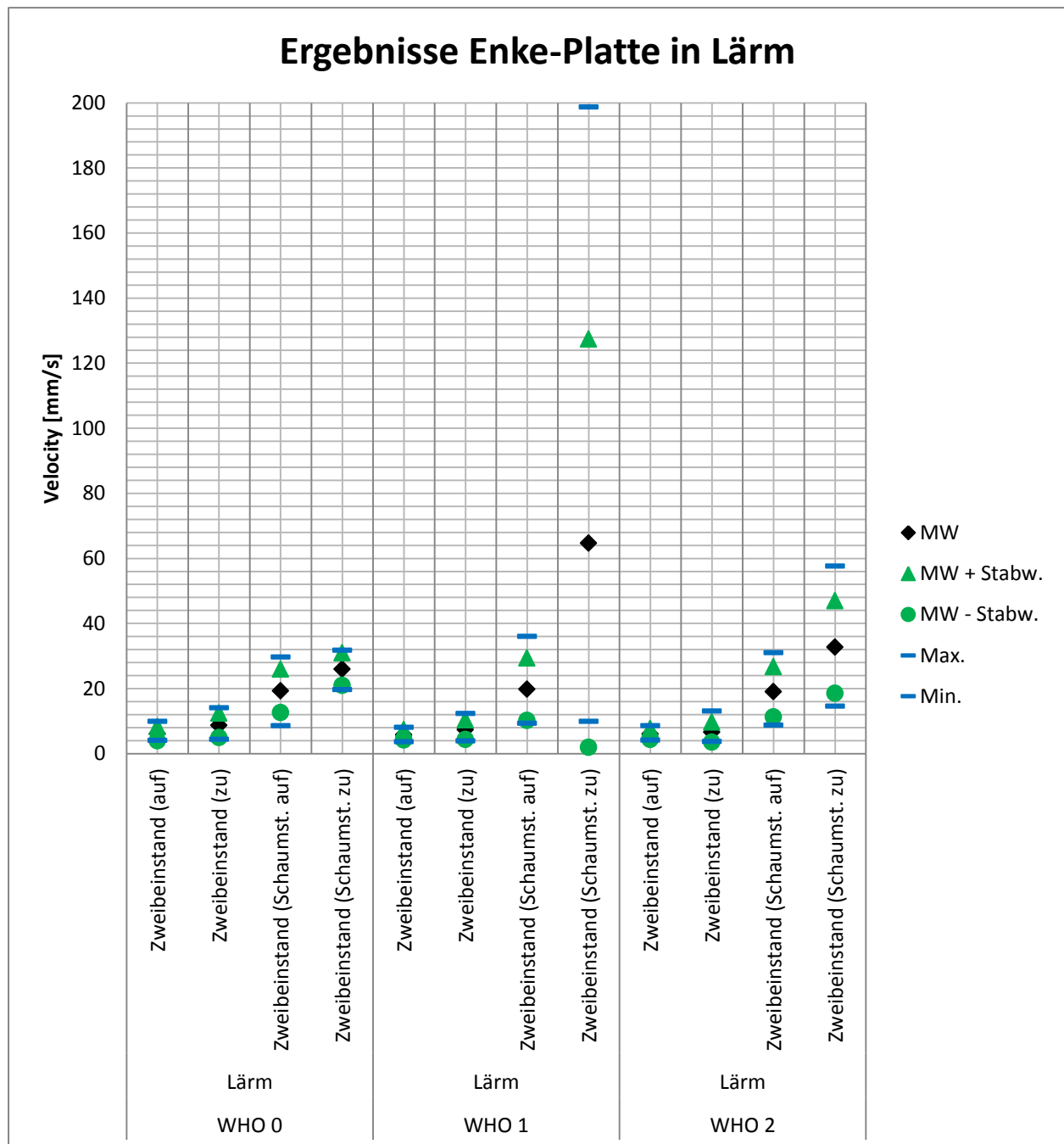


Abbildung 26: Statistische Kennzahlen der WHO-Gruppen in Lärm

Im Prinzip gleichen diese Daten denen vom ersten Termin. Das Gleichgewicht ist bei dem Zweibeinstand mit offenen Augen am besten. Am schwierigsten ist das Stehen auf der Schaumstoffmatte mit geschlossenen Augen. Die Streuung bei der WHO 0-Gruppe ist am geringsten. In der WHO 1-Gruppe gab es einen Ausreißer, der die hohe Streuung verursacht.

3.3.3 Vergleich der WHO-Gruppen beim Abschluss

Tabelle 11: Statistische Kennzahlen der WHO-Gruppen beim Abschluss

			MW	Stabw.	MW + Stabw.	MW - Stabw.	Max.	Min.
WHO 0	Abschluss	Zweibeinstand (auf)	5,92	1,08	7,00	4,84	7,1	4,1
		Zweibeinstand (zu)	7,28	3,10	10,38	4,18	13	4,1
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	14,48	2,95	17,43	11,53	20,1	11,6
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	23,62	6,47	30,09	17,15	31,4	15,2
WHO 1	Abschluss	Zweibeinstand (auf)	5,42	1,18	6,59	4,24	7,1	3,9
		Zweibeinstand (zu)	6,30	1,46	7,76	4,84	8	3,9
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	11,50	3,43	14,93	8,07	18,7	8,4
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	28,03	16,55	44,58	11,49	61,6	9,3
WHO 2	Abschluss	Zweibeinstand (auf)	5,63	1,66	7,30	3,97	8,9	4,1
		Zweibeinstand (zu)	6,65	2,22	8,87	4,43	10,2	4
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	16,75	5,62	22,37	11,13	26,9	10
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	24,92	6,71	31,62	18,21	37,7	17

Diese Tabelle zeigt die Ergebnisse der Probanden nach dem Training beim letzten Termin.

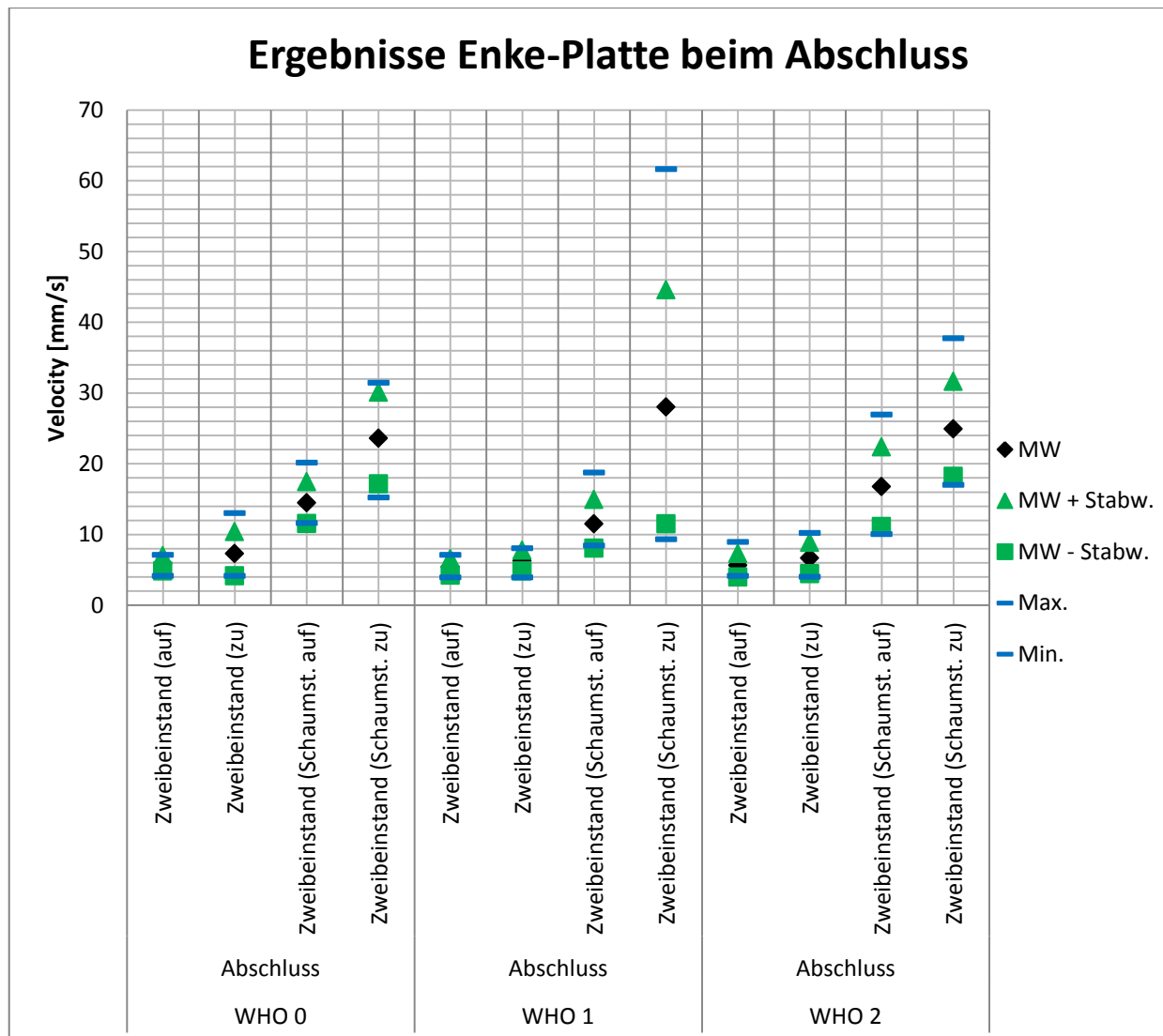


Abbildung 27: Statistische Kennzahlen der WHO-Gruppen beim Abschluss

Die Ergebnisse beim letzten Termin sind bei allen Gruppen besser als vor dem Training in Lärm. Die Tendenz bleibt aber gleich. Der Zweibeinstand mit geöffneten Augen macht am wenigsten Probleme, am schwierigsten ist der Zweibeinstand auf der Schaumstoffmatte mit geschlossenen Augen.

3.3.4 Vergleich der Untersuchungsbedingungen Ruhe-Lärm

Tabelle 12: Statistische Kennzahlen - Vergleich Ruhe-Lärm

			MW	Stabw.	MW + Stabw.	MW - Stabw.	Max.	Min.
WHO 0	Ruhe	Zweibeinstand (auf)	5,30	1,64	6,94	3,66	7,7	3
		Zweibeinstand (zu)	6,60	4,24	10,84	2,36	14,6	3,1
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,26	6,18	25,44	13,08	28,3	12,2
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	27,98	13,09	41,07	14,89	51,8	12
	Lärm	Zweibeinstand (auf)	6,08	2,16	8,24	3,92	9,9	4
		Zweibeinstand (zu)	8,70	3,79	12,49	4,91	14	4,4
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,28	6,69	25,97	12,59	29,6	8,5
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	25,94	5,01	30,95	20,93	31,7	19,6
WHO 1	Ruhe	Zweibeinstand (auf)	6,03	2,14	8,17	3,89	10,3	4,2
		Zweibeinstand (zu)	6,98	2,46	9,44	4,52	9,8	3,3
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	20,20	8,67	28,87	11,53	38,6	13,8
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	50,22	34,60	84,81	15,62	102,8	11,9
	Lärm	Zweibeinstand (auf)	5,75	1,58	7,33	4,17	8	3,6
		Zweibeinstand (zu)	7,35	2,98	10,33	4,37	12,3	3,9
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,82	9,60	29,42	10,22	36	9,3
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	64,68	62,77	127,46	1,91	198,7	9,9
WHO 2	Ruhe	Zweibeinstand (auf)	5,78	2,12	7,91	3,66	9,7	3,9
		Zweibeinstand (zu)	7,17	2,55	9,71	4,62	12,2	3,7
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	26,37	5,00	31,37	21,37	34,9	20,3
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	36,88	10,71	47,59	26,18	49,6	17,4
	Lärm	Zweibeinstand (auf)	6,03	1,68	7,71	4,35	8,5	4,1
		Zweibeinstand (zu)	6,58	3,08	9,66	3,50	13	3,7
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,03	7,73	26,76	11,31	31	8,7
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	32,77	14,23	46,99	18,54	57,6	14,5

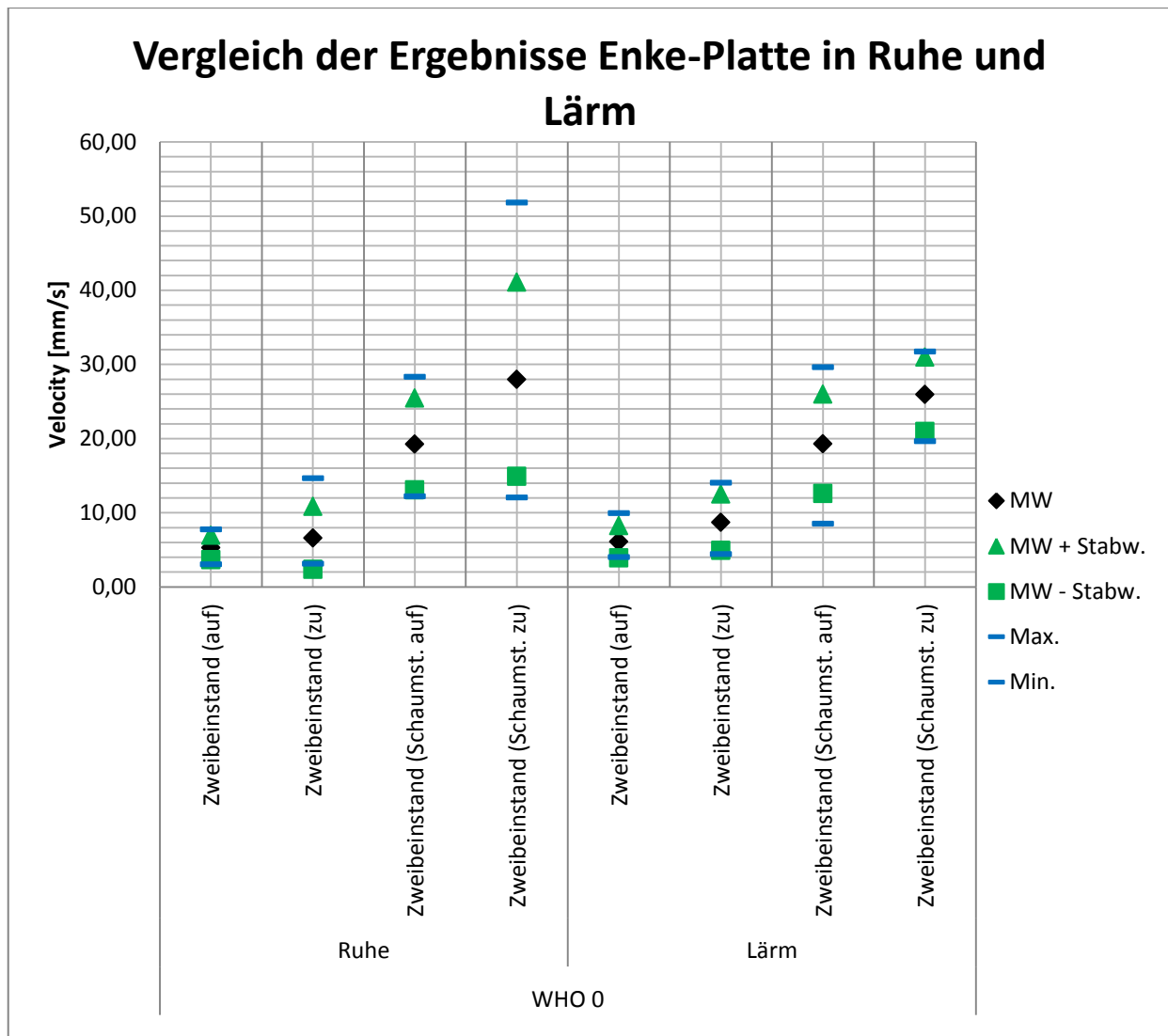


Abbildung 28: Statistische Kennzahlen - Vergleich Ruhe-Lärm WHO 0

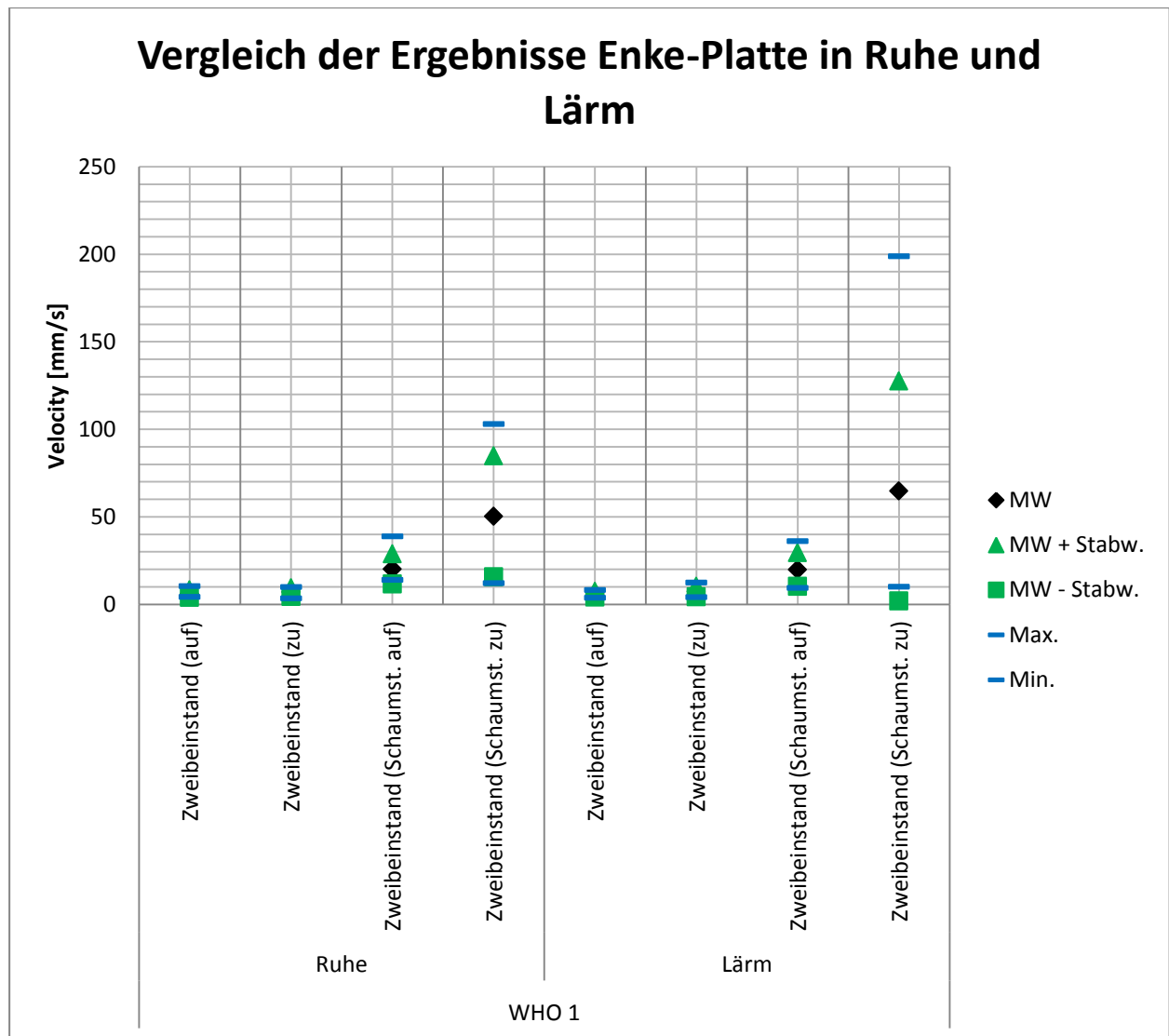


Abbildung 29: Statistische Kennzahlen - Vergleich Ruhe-Lärm WHO 1

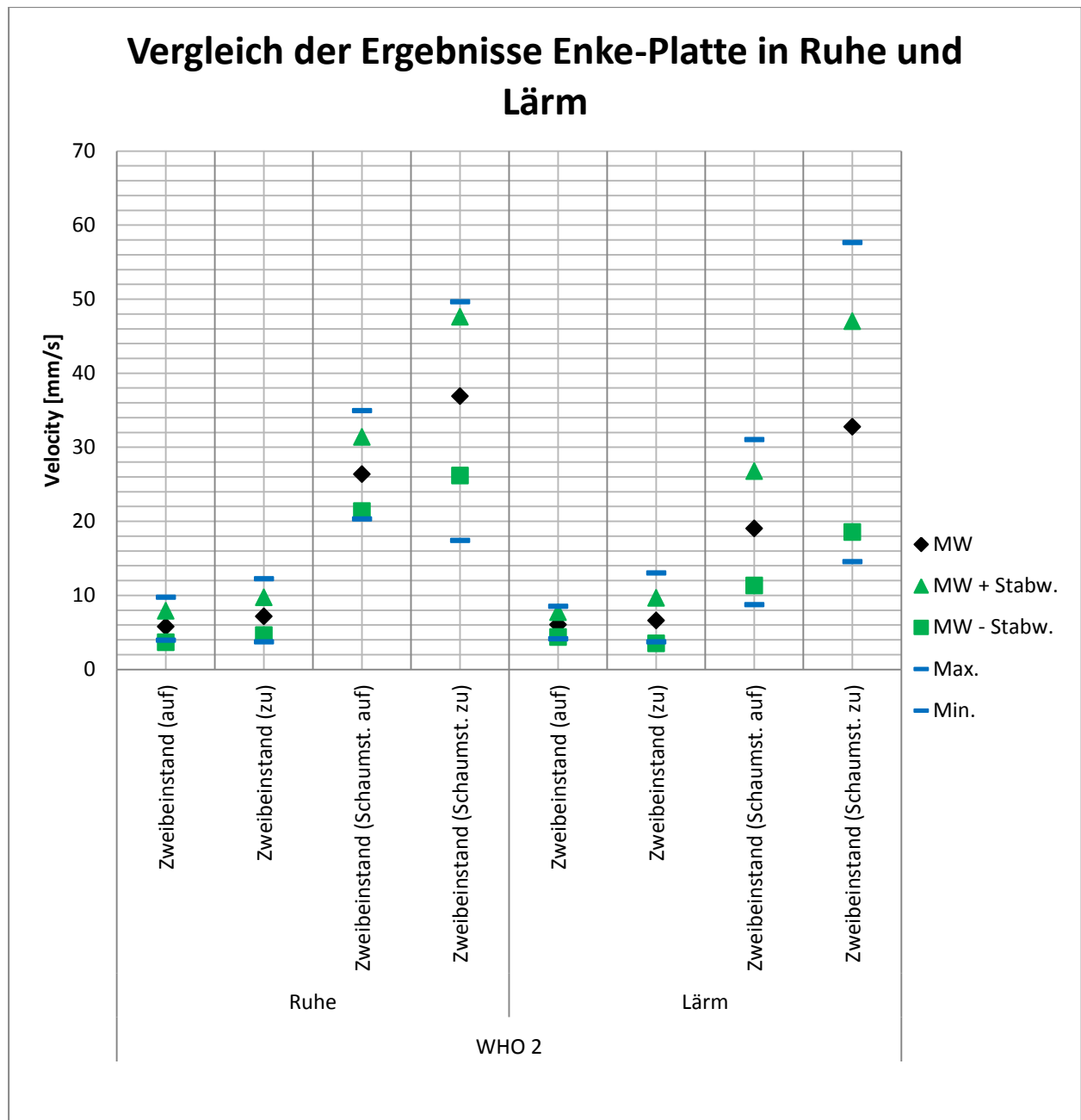


Abbildung 30: Statistische Kennzahlen - Vergleich Ruhe-Lärm WHO 2

3.3.5 Vergleich der Untersuchungsbedingungen Lärm–Abschluss

Tabelle 13: Statistische Kennzahlen - Vergleich Lärm-Abschluss

			MW	Stabw.	MW + Stabw.	MW - Stabw.	Max.	Min.
WHO 0	Lärm	Zweibeinstand (auf)	6,08	2,16	8,24	3,92	9,9	4
		Zweibeinstand (zu)	8,70	3,79	12,49	4,91	14	4,4
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,28	6,69	25,97	12,59	29,6	8,5
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	25,94	5,01	30,95	20,93	31,7	19,6
	Abschluss	Zweibeinstand (auf)	5,92	1,08	7,00	4,84	7,1	4,1
		Zweibeinstand (zu)	7,28	3,10	10,38	4,18	13	4,1
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	14,48	2,95	17,43	11,53	20,1	11,6
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	23,62	6,47	30,09	17,15	31,4	15,2
WHO 1	Lärm	Zweibeinstand (auf)	5,75	1,58	7,33	4,17	8	3,6
		Zweibeinstand (zu)	7,35	2,98	10,33	4,37	12,3	3,9
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,82	9,60	29,42	10,22	36	9,3
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	64,68	62,77	127,46	1,91	198,7	9,9
	Abschluss	Zweibeinstand (auf)	5,42	1,18	6,59	4,24	7,1	3,9
		Zweibeinstand (zu)	6,30	1,46	7,76	4,84	8	3,9
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	11,50	3,43	14,93	8,07	18,7	8,4
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	28,03	16,55	44,58	11,49	61,6	9,3
WHO 2	Lärm	Zweibeinstand (auf)	6,03	1,68	7,71	4,35	8,5	4,1
		Zweibeinstand (zu)	6,58	3,08	9,66	3,50	13	3,7
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	19,03	7,73	26,76	11,31	31	8,7
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	32,77	14,23	46,99	18,54	57,6	14,5
	Abschluss	Zweibeinstand (auf)	5,63	1,66	7,30	3,97	8,9	4,1
		Zweibeinstand (zu)	6,65	2,22	8,87	4,43	10,2	4
		Zweibeinstand (Schaumst. auf)	16,75	5,62	22,37	11,13	26,9	10
		Zweibeinstand (Schaumst. zu)	24,92	6,71	31,62	18,21	37,7	17

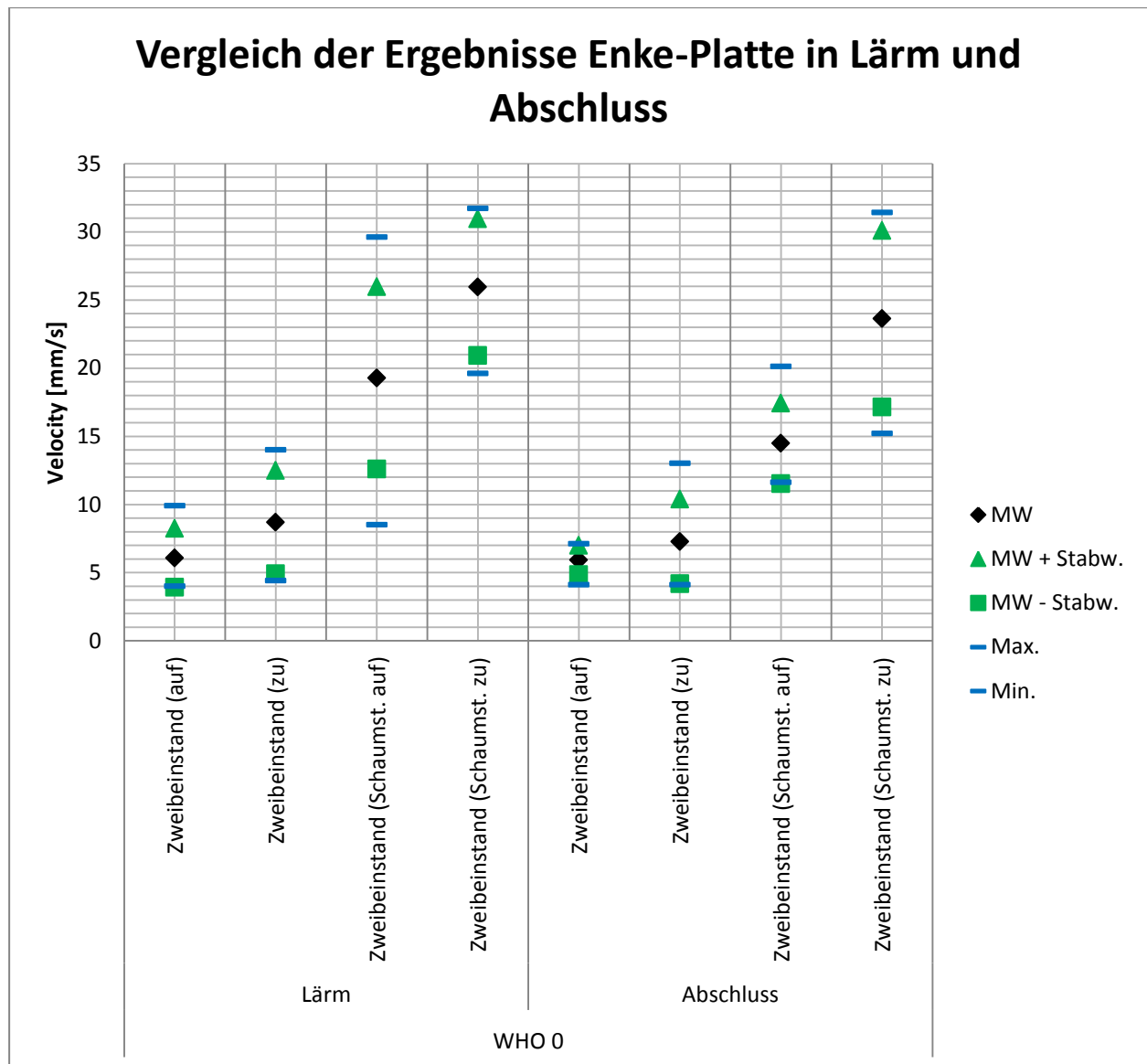


Abbildung 31: Statistische Kennzahlen - Vergleich Lärm-Abschluss WHO 0

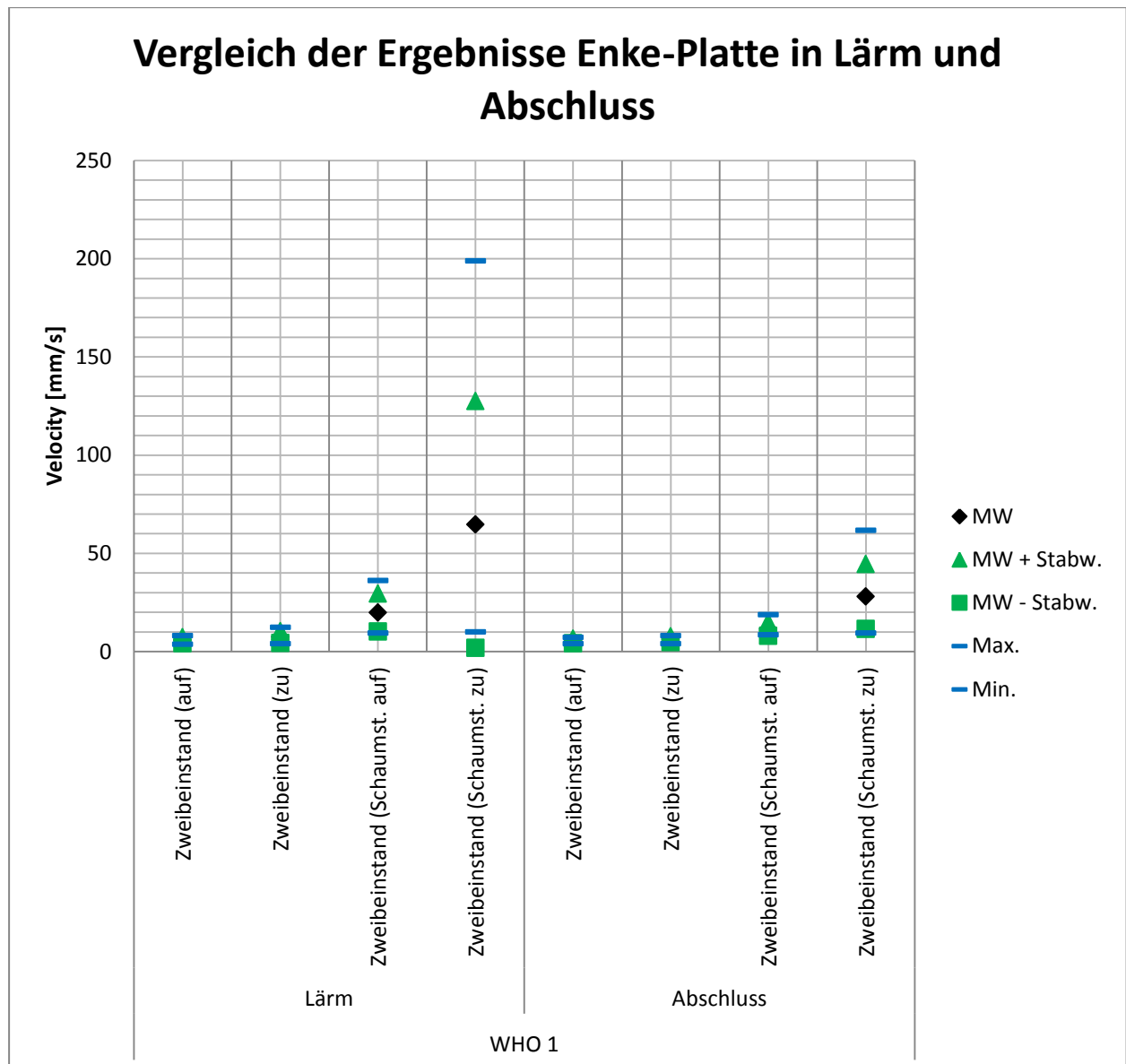


Abbildung 32: Statistische Kennzahlen - Vergleich Lärm-Abschluss WHO 1

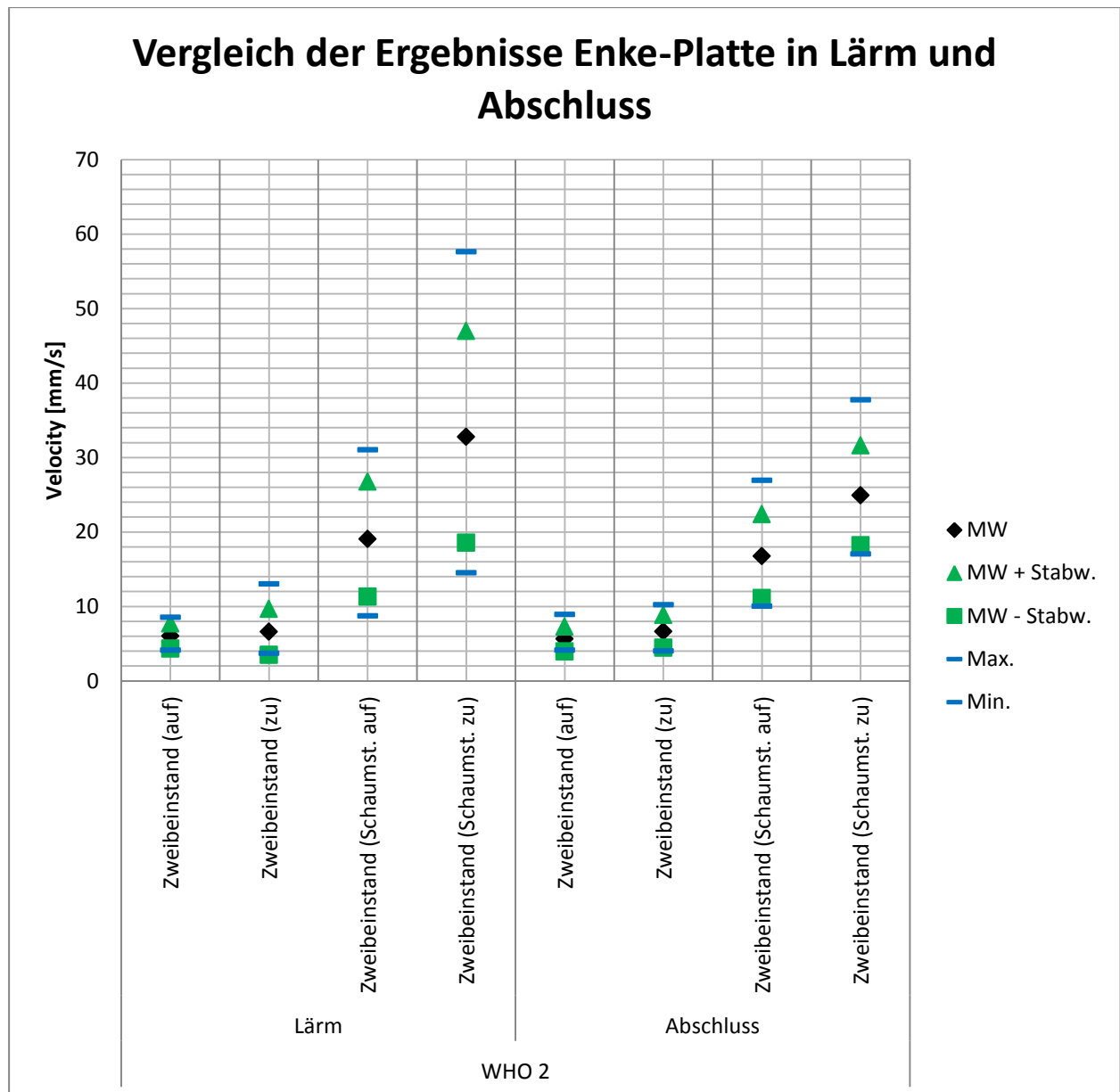


Abbildung 33: Statistische Kennzahlen - Vergleich Lärm-Abschluss WHO 2

3.3.6 Vergleich Sturzrisiko Enke-Platte/VertiGuard®

Tabelle 14: Vergleich der Sturzrisiken Enke-Platte/VertiGuard®

	ID	Sturzrisiko Enke-Platte			Sturzrisiko VertiGuard®		
		Ruhe	Lärm	Abschluss	Ruhe	Lärm	Abschluss
WHO 0	9	moderate	low risk	low risk	48%	47%	40%
	17	low risk	low risk	low risk	40%	46%	40%
	11	low risk	low risk	low risk	39%	39%	39%
	18	low risk	low risk	low risk	37%	37%	42%
	21	low risk	low risk	low risk	33%	48%	38%
WHO 1	8	moderate	moderate	low risk	53%	50%	43%
	12	low risk	low risk	low risk	34%	36%	29%
	7	moderate	moderate	moderate	57%	60%	50%
	23	low risk	low risk	low risk	45%	36%	27%
	22	low risk	low risk	low risk	35%	33%	32%
	20	low risk	low risk	low risk	40%	34%	36%
WHO 2	6	moderate	moderate	low risk	43%	45%	32%
	10	low risk	low risk	low risk	50%	51%	42%
	14	low risk	low risk	low risk	57%	53%	45%
	13	moderate	low risk	low risk	44%	36%	34%
	19	low risk	moderate	low risk	44%	44%	43%
	16	low risk	low risk	low risk	50%	39%	33%

Die Tabelle zeigt nach WHO-Gruppe sortiert die Ergebnisse der Sturzrisikoanalyse der beiden untersuchten Geräte. Es zeigen sich zum Teil einige Unterschiede zwischen der statischen und der mobilen Posturografie. Allgemein lässt sich sagen, dass alles, was bei dem VertiGuard® grün hinterlegt ist, auch bei der Enke-Platte mit einem geringen Sturzrisiko abschneidet.

Alles, was bei der Enke-Platte mit einem mittleren Sturzrisiko abschneidet, ist auch beim VertiGuard® gelb (mit einer Ausnahme, dort ist die Sturzpampel rot) gekennzeichnet.

Sonst lassen sich keine Zusammenhänge beider Systeme finden.

4 Diskussion

4.1 Berechnung des Sturzrisikos mit dem VertiGuard®

Studien haben gezeigt, dass Probanden, die mehr als doppelt so hohe Schwankungen aufweisen, als für alters- und geschlechtsgleiche Normgruppen anzunehmen wäre, die Lage ihres Körperschwerpunkts nicht mehr kontrollieren können und somit zu Stürzen neigen. Das VertiGuard®-System berechnet aus diesem Grunde das individuelle Sturzrisiko aus der Summe der Verhältnisse aller durchgeführten Übungen im gSBDT verglichen mit den Normwerten in alle Richtungen (vorwärts, rückwärts, rechts, links). Das Ergebnis wird zur Körperschwankung von Patienten mit einem Sturzrisiko von 100% in Beziehung gesetzt (Zeisberg GmbH 2012).

$$\text{Sturzrisiko} = \frac{(\sum_i p_i + \sum_i r_i) * 100}{n * 400}$$

p= Vorwärts- Rückwärtsschwankung / Normwert in %

r= Seitwärtsschwankung / Normwert in %

n= Anzahl der getesteten Übungen

Weitere Werte, die das System ausgibt, sind sensorische Komponenten (visuell, propriozeptiv, vestibulär), ebenfalls in einer Prozentangabe. Diese Werte sind aber keine absoluten Prozentangaben, sondern beziehen sich auf die Werte der „gesunden“ Probanden. Der Bezug liegt hier bei 33,3%. Das heißt, ist der Wert eines Probanden bei einer sensorischen Komponente größer als 33,3%, verwendet der Proband diese Komponente bevorzugt. Ist der Wert geringer, vernachlässigt der Proband diese Komponente.

Das System verwendet für die Berechnung die Differenz der Verhältnisse von Messwerten (rechts, links, vor und zurück) zu den entsprechenden Normwerten.

Je größer die Differenz, desto größer ist der Einfluss dieses sensorischen Inputs (vgl. Zweibeinstand Augen auf/Zweibeinstand Augen zu → visuelle Komponente wird untersucht).

4.2 Berechnung des Sturzrisikos mit der Enke-Platte

Tabelle 15: Sturzrisiko der Enke-Platte (Zahlenwerte)

	ID	Sturzrisiko Enke-Platte		
		Ruhe	Lärm	Abschluss
WHO 0	9	-0,25	-0,75	-0,75
	17	-0,75	-0,75	-1
	11	-0,5	-0,5	-1
	18	-1	-1	-1
	21	-1	-0,75	-1
WHO 1	8	-0,25	0	-1
	12	-1	-1	-1
	7	0	0	-0,25
	23	-0,75	-0,75	-1
	22	-1	-1	-1
	20	-1	-0,75	-1
WHO 2	6	-0,25	-0,25	-0,75
	10	-0,5	-1	-0,75
	14	-1	-1	-1
	13	-0,25	-1	-1
	19	-0,75	0	-1
	16	-0,75	-1	-1

Das von der Enke-Platte ausgegebene Sturzrisiko ermittelt sich wie folgt:

In den Testsettings des Vestilab 7.1 von Otometrics, mit dem die Enke-Platte betrieben wird, sind ein oberer und ein unterer Grenzwert für jede einzelne Übung hinterlegt. Für die Studie wurden die hinterlegten Werte übernommen und nicht verändert.

Der ermittelte Beschleunigungswert wird mit den Grenzwerten verglichen. Daraus ergibt sich die Sturzampel für jede durchgeführte Übung.

Nachfolgende Tabelle stellt die hinterlegten Grenzwerte dar:

Tabelle 16: Grenzwerte für die Sturzampel der Einzelübungen

Übung	Grenzwerte
Zweibeinstand (Augen auf)	grün ≤ 13 > gelb < 17 \geq rot
Zweibeinstand (Augen zu)	grün ≤ 26 > gelb < 34 \geq rot
Zweibeinstand Schaumst. (Augen auf)	grün ≤ 17 > gelb < 23 \geq rot
Zweibeinstand Schaumst. (Augen zu)	grün ≤ 40 > gelb < 50 \geq rot

Für eine Gesamt- Sturzampel über alle vier Übungen werden den Farben in den Einzelübungen Werte zugeordnet. Grün entspricht dem Wert -1, Gelb entspricht der 0 und Rot wird der Wert +1 zugeordnet.

Im Anschluss daran wird das arithmetische Mittel dieser vier Werte über die einzelnen Übungen erhoben.

Das Ergebnis wird erneut mit Hilfe von festgelegten Grenzwerten unterteilt.

grün $\leq -0,5$ > gelb $< +0,5$ \geq rot

(Eigeninformation von Dr. Martin Enke durch e-Mail-Korrespondenz am 01.07.2014)

4.3 Zweifache Varianzanalyse mit ungleichen Zellenumfängen und Abhängigkeit der Zellen auf dem zweiten Faktor

Aus Tabelle 5 ist zu entnehmen, dass es keinen signifikanten Unterschied innerhalb des Faktors A (WHO- Gruppen) gibt, da der errechnete Wert für F auf dem 5%-Signifikanzniveau kleiner ist als der kritische Wert.

Somit kann die erste Hypothese, dass die individuelle Gleichgewichtsstabilität mit dem Hörverlust des Probanden zusammenhängt, in Bezug auf das ermittelte Sturzrisiko verworfen werden.

Außerdem lässt sich feststellen, dass es einen höchst- signifikanten Unterschied innerhalb des Faktors B (Testbedingung Ruhe/Lärm/Abschluss) gibt. Hier ist der errechnete Wert für F auf dem 0,1%-Signifikanzniveau größer als der kritische Wert.

Dies besagt vorerst nur, dass innerhalb der Messbedingungen ein Unterschied vorhanden ist. Die Fragestellung, ob das Gleichgewicht in Lärm schlechter ist und nach dem Training wieder besser wird, ist noch offen.

Die Prüfung auf Wechselwirkungen untersucht den Zusammenhang, ob es signifikante Unterschiede zwischen zwei Zellen nur unter einer bestimmten Voraussetzung gibt (Zöfel 1992). Hier gibt es ebenfalls keine Signifikanz.

4.3.1 Ergebnisse des Scheffé-Tests

Nachdem die Faktorstufen des Faktors B paarweise untersucht wurden, ließ sich sagen, dass es nur höchst-signifikante Unterschiede zwischen den Testbedingungen

- Lärm–Abschluss und
- Ruhe–Abschluss

gab. Die Testkombination Ruhe–Abschluss wurde allerdings nur der Vollständigkeit halber überprüft, da sie für die praktische Betrachtung der Ergebnisse keine Aussagekraft besitzt. Die Testkombination Ruhe-Lärm wies keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

Es kann somit gesagt werden, dass der Störschall in Bezug auf das ermittelte Sturzrisiko keine Auswirkungen auf die posturale Kontrolle hat.

4.3.2 Ergebnisse des Duncan-Tests

Innerhalb der WHO-Gruppen 0 und 1 gibt es keine signifikanten Unterschiede, während sich die Werte innerhalb der WHO-Gruppe 2 signifikant unterscheiden. Bei der WHO 1-Gruppe ist jedoch eine Tendenz zur Signifikanz zu erkennen, da die kritische Differenz nur sehr knapp über der beobachteten Mittelwertdifferenz liegt. Bei der WHO 0-Gruppe ist die kritische Differenz im Gegensatz dazu fast doppelt so hoch wie die beobachtete Mittelwertdifferenz.

Diese Beobachtung lässt darauf schließen, dass es einen Zusammenhang zum mittleren Alter der Probandengruppen geben kann. Der Hörverlust steigt im Alter und die weiteren Sinnesorgane bauen genauso ab wie das Gleichgewichtsorgan. Daraus resultiert ein höheres Defizit der posturalen Kontrolle und ein Trainingserfolg ist wahrscheinlicher.

Unten stehende Tabelle zeigt die Altersverteilung der verschiedenen Gruppen.

Tabelle 17: Altersstruktur der Probanden

WHO-Gruppe	mittleres Alter	Standardabweichung
0	68,8	5,40
1	70,7	5,13
2	74,8	3,82

Ferne stellten wir uns die Frage, warum sich beim Scheffé-Test ein höchst-signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Testbedingungen ergab, während bei der genaueren Überprüfung mit dem Duncan-Test, in welchen Zellen dieser Unterschied zu finden ist, nur zweimal keine signifikanten Unterschiede und einmal ein signifikanter Unterschied nachzuweisen war.

Dies lässt sich damit erklären, dass der Stichprobenumfang beim Scheffé-Test 17 Personen betrug, da über alle WHO-Gruppen getestet wurde. Beim Duncan-Test betrug der Stichprobenumfang nur noch fünf bzw. sechs Personen. Die Standardabweichung ist somit eine größere als beim Scheffé-Test. Diese Tatsache beeinflusst den kritischen Wert, auf den geprüft wurde und mit dem kritischen Wert natürlich auch das Signifikanz-Ergebnis.

Es handelt sich also nicht wie zuerst angenommen um einen Rechenfehler.

4.4 Graphische Darstellung der Sturzrisikoergebnisse

Bei der Betrachtung der Mittelwerte und der Standardabweichung (s. Tabelle 8 und Abbildung 24) ist zu erkennen, dass sich die Mittelwerte und die Standardabweichung der gleichen Testbedingung innerhalb der WHO-Gruppen kaum voneinander unterscheiden.

Die Mittelwerte im Vergleich von Ruhe zu Abschluss und Lärm zu Abschluss innerhalb einer Gruppe weisen allerdings merkbare Unterschiede auf.

Es ist somit in der Tabelle gut zu sehen, was in der vorher gegangenen Varianzanalyse bewiesen worden ist.

4.5 Graphische Darstellung der Enke-Platte-Ergebnisse

Da es sich bei der statistischen Auswertung um eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit ungleichen Zellenumfängen mit Abhängigkeit der Zellen auf dem zweiten und dritten Faktor handelt, wurde auf die rechnerische Auswertung und Prüfung auf Signifikanz an dieser Stelle verzichtet.

4.5.1 Vergleich der WHO-Gruppen in Ruhe

In der Grafik ist zu erkennen, dass in allen drei Gruppen zwischen den Zweibeinständen mit offenen und geschlossenen Augen kaum Unterschiede in den statistischen Kennzahlen bestehen. Die genauen Werte der einzelnen Kennzahlen sind Tabelle 8 zu entnehmen.

Vergleicht man die beiden Zweibeinstände mit geöffneten Augen auf hartem Untergrund und auf Schaumstoff, lässt sich sagen, dass in allen drei Gruppen die Probanden auf dem Schaumstoff unsicherer stehen, als auf dem Fußboden. Dies wird beim Vergleich der Mittelwerte und der Standardabweichung deutlich.

Dieser Sachverhalt lässt sich auch bei den beiden Zweibeinständen mit geschlossenen Augen beobachten. Vergleicht man nun die beiden Zweibeinstände auf Schaumstoff miteinander, ist zu erkennen, dass die Streuung der Werte mit geschlossenen Augen noch einmal deutlich erhöht ist, im Vergleich zu den Werten mit geöffneten Augen. Dies lässt sich mit den Ausführungen aus dem Kapitel „Grundlagen“ dieser Arbeit erklären, da das propriozeptive und/ oder das visuelle System bei diesen Übungen beeinflusst werden.

Unter den Testpersonen in der WHO 1-Gruppe gab es einen Probanden, der von sich aus relativ unsicher bei allen Übungen war. Dieser ist als Ausreißer zu betrachten und trägt zu der hohen Streuung der Werte in dieser Gruppe bei. Dennoch wurde er in den Graphiken nicht herausgefiltert, um die Statistik nicht zu verfälschen.

Diese Beobachtungen gelten für alle Testbedingungen.

4.5.2 Vergleich der WHO-Gruppen in Lärm

Untersucht man die drei Gruppen unter dieser Bedingung, zeigen sich keine großen Unterschiede in den Ergebnissen (ausgenommen der oben erwähnte Ausreißer in WHO 1, dieser zeigt unter Lärm eine noch größere Streuung).

4.5.3 Vergleich der WHO-Gruppen beim Abschluss

In dieser Grafik lässt sich eine deutliche Verbesserung der Kennzahlen sowohl im Vergleich zu Lärm, als auch zu Ruhe für die Übungen auf dem Schaumstoff beobachten. Diese Tatsache wird für die Zweibeinstände ohne Schaumstoff nicht deutlich, da diese Übungen immer relativ gut ausfallen, da sie im Alltag ständig geübt werden. Als Beispiel sei hier das Warten an einer roten Ampel zu nennen.

Die beiden ersten Zweibeinstände werden aufgrund keinerlei Veränderungen durch den oben beschriebenen „Rote Ampel-Effekt“ folgend nicht mehr näher beschrieben.

Die Tendenz der einzelnen Ergebnisse zueinander bleibt jedoch wie in Ruhe und Lärm gleich.

4.5.4 Vergleich der Untersuchungsbedingungen Ruhe–Lärm

Im Vergleich der Testbedingungen Ruhe-Lärm zueinander wird deutlich, dass Lärm keinen Einfluss auf die posturale Kontrolle hat. Im Grunde bestätigt ein Blick auf die Abbildungen 28-30 das Ergebnis der Varianzanalyse.

In Abbildung 28, welche die Testbedingungen Ruhe und Lärm innerhalb der WHO 0 Gruppe gegenüberstellt, ist die Streuung bei der Übung Zweibeinstand auf Schaumstoff mit geschlossenen Augen in Ruhe sogar größer als in Lärm, was gegen die Hypothese spricht.

Innerhalb der WHO 1-Gruppe (in Abbildung 29 dargestellt) ist die Streuung bei selbiger Übung in Lärm zwar größer, allerdings unterscheiden sich Mittelwerte und Standardabweichung kaum voneinander. Lediglich der Ausreißer nach oben ist verantwortlich für das sichtbar andere graphische Ergebnis. Bei diesem Ausreißer handelt es sich allerdings um denselben Probanden, der bei der vorhin beschriebenen WHO 1-Gruppe in Ruhe schon für den hohen Messwert verantwortlich war.

Dieser Proband hatte aufgrund einer Operation eine sehr geschwächte Beinmuskulatur. Das war auch in der erhöhten propriozeptiven Komponente im Gleichgewichtsprotokoll des VertiGuard® zu sehen. Allerdings war eine schwache Muskulatur kein Ausschlusskriterium (siehe Material und Methoden), weshalb der Proband trotzdem teilnehmen durfte.

In Abbildung 30 ist das Ganze für die WHO 2-Gruppe dargestellt. Hier zeigt sich ebenfalls, dass sich keine Unterschiede zwischen den Testbedingungen ergeben. Anscheinend hat selbst der Altersunterschied der WHO 2-Gruppe zu

den anderen Gruppen (vgl. Tabelle 12) keinen Einfluss auf das Ergebnis des Vergleiches Ruhe zu Lärm.

4.5.5 Vergleich der Untersuchungsbedingungen Lärm–Abschluss

In den Abbildungen 31-33 sind die Ergebnisse der Testbedingungen Lärm–Abschluss der einzelnen WHO-Gruppen gegenüber gestellt.

Beim Blick auf Abbildung 31, die die WHO 0-Gruppe repräsentiert, stellen wir keinerlei Unterschiede von Lärm zu Abschluss fest. Eine leichte Tendenz zur Verbesserung kann man in der dritten Übung (Zweibeinstand auf Schaumstoff mit geöffneten Augen) erkennen. Eine Verringerung des Mittelwertes und eine wesentlich kleinere Streuung lassen diese Schlussfolgerung zu. Da dieser Effekt allerdings bei der vierten Übung (Zweibeinstand auf Schaumstoff mit geschlossenen Augen) nicht zu sehen ist, ist davon auszugehen, dass es sich um ein zufällig zustande gekommenes Ergebnis bei der dritten Übung im Abschlussdurchgang handelt.

In Abbildung 32 ist der gleiche Vergleich für die WHO 1-Gruppe dargestellt. Hier ist eine Verbesserung für beide Zweibeinstände auf Schaumstoff zu erkennen.

Es kann eine deutliche Reduktion der Mittelwerte und der Streuung der Tabelle 14 entnommen werden.

Der gleiche Effekt ist in Abbildung 33 für die WHO 2-Gruppe sichtbar. Das lässt darauf schließen, dass Personen mit einem Hörverlust eher von einem solchen Gleichgewichtstraining profitieren als Personen ohne einen Hörverlust. Ebenfalls besteht die Möglichkeit, dass ältere Menschen mehr davon profitieren, da die WHO 2-Gruppe ein höheres Durchschnittsalter aufweist als die beiden anderen Gruppen. Welche dieser beiden Tatsachen Grund für eine tendenziell stärkere Verbesserung der posturalen Kontrolle ist, könnte Gedanke für eine weitere Studie sein.

Der vorher durchgeführte Duncan- Test belegt das eben Niedergeschriebene. Es zeigte sich dort in WHO 0 kein signifikanter Unterschied, in WHO 1 ebenfalls

kein signifikanter Unterschied, allerdings eine Tendenz und In WHO 2 ergab sich ein signifikanter Unterschied.

4.5.6 Vergleich Sturzrisiko Enke-Platte/VertiGuard®

Die Grenzwerte, die in der Software implementiert sind, sind im Gegensatz zu den Grenzwerten des VertiGuard® keine alters- und geschlechtsspezifischen Normwerte, sondern selbstfestlegbare Grenzwerte. Man könnte theoretisch jeden beliebigen Wert hinterlegen und somit das Ergebnis beeinflussen.

Des Weiteren kann man die Ergebnisse der beiden Systeme schlecht miteinander vergleichen, da das VertiGuard®-System eine Prozentangabe ausgibt, die zuvor beschrieben wurde. Diese Prozentangabe kann theoretisch jeden Wert annehmen. Die Enke-Platte kann aufgrund der hinterlegten Berechnung maximal neun verschiedene Ergebnisse liefern, je nachdem, welche Ergebnisse die Probanden in den Übungen erzielt haben. Die möglichen Ergebnisse sind -1, -0.75, -0.5, -0.25, 0, 0.25, 0.5, 0.75 und 1. Diese Ergebnisse kommen daher, da wie oben beschrieben, eine Berechnung zugrunde liegt, die nur aus drei Werten (-1, 0, +1) besteht. Daraus resultiert eine recht ungenaue Einteilung der posturalen Kontrolle der einzelnen Probanden. Diese Tatsache beschreibt auch das Ergebnis aus Tabelle 14. Auf Grund der rasterhaften Einteilung der Enke-Platte ist, wie oben erwähnt, alles, was bei der Enke-Platte grün ist, auch beim VertiGuard® grün. Umgekehrt ist dies aber nicht reproduzierbar, da das VertiGuard®-System ein viel individuelleres Risiko ermittelt.

4.6 Allgemeines

Bei der Arbeit mit dem VertiGuard®-System zeigten sich schnell einige Frage- und Problemstellungen, die die Versuchsdurchführung beeinflussten. Es war vorher bekannt, dass unser System nicht über eine Fernbedienung verfügt, im Gegensatz zu Geräten, die in Kliniken oder ähnlichen Einrichtungen verwendet werden. Eine Fernbedienung wäre jedoch wünschenswert gewesen, da sie

durchaus die Arbeit während des Versuchsablaufs optimiert hätte. Viele Probanden wunderten sich, dass ständig ein Untersucher neben ihnen herlaufen und die Übung nach Abschluss per Tastendruck am Gerät manuell beenden musste. Eine Beeinflussung der Messwerte resultierte zum Beispiel aus der Drehung der Probanden zum Untersucher bei Beendigung des Testablaufs.

Nach diesen technischen Anmerkungen nun zu den messspezifischen Problemen: Es zeigte sich während den Messungen, dass das VertiGuard® durch seine Positionierung am Bauch auf der rechten Seite ab und an die Atmung der Probanden mitgemessen hat. Dies wurde während der Aufzeichnung durch einen kontinuierlichen Wechsel zwischen rechts und links auf der Zeitachse sichtbar. Diesem Problem war nur aus dem Weg zu gehen, indem man die Gürtelschleife fester als nötig zuzog.

Fast alle Probanden wunderten sich über die verwirrenden Versuchsanweisungen des Sprechers. Vor jeder Übung heißt es: „Drei, zwei, eins, los, Messung läuft.“ Die Aufzeichnung des Gerätes startet erst nach dem letzten Wort. Durch das vorherige Kommando „los“ starteten die Probanden aber trotz genauer Einweisung schon nach dem „los“. Somit mussten die entsprechenden Tests dann wiederholt werden. Hier wäre es sicher besser, wenn das Kommando „los“ einfach weggelassen worden werde. Auch hier fand sicher eine Verfälschung der Daten statt, da einige Probanden zu früh starteten. Wenn es möglich war, wurde die Messung wiederholt, dies ging aber nicht immer.

In Bezug auf die am Körper angebrachten Vibratoren wäre es schön gewesen, eine Darstellung zu haben, wann welcher Vibrator wie stark arbeitet. Somit könnte man den Schwerpunkt der Probanden noch exakter bestimmen und einen Trainingserfolg erkennen.

5 Ausblick

Die Sturzprophylaxe bei Senioren muss ein vorrangiges Ziel der Gesundheitspolitik sein, denn die Folgekosten, die momentan jährlich in Deutschland durch Stürze entstehen, liegen bei über 1 Mrd. €. Es kann davon ausgegangen werden, dass etwa 10% der Stürze bei älteren Menschen behandlungsbedürftige Verletzungen nach sich ziehen (Basta und Ernst 2011a). Weitreichende Studien zu Presbyvertigo (wie z.B. bei der Presbyakusis) sind in Planung, denn die Relevanz der Sturzgefahr im Alter ist unbestritten (Ernst 2011).

Es wird jedoch schwer sein, den Goldstandard der evidenz- basierten Medizin wegen der geringen Fallzahlen bei speziellen Krankheitsbildern (z.B. M. Menière) zu erfüllen. Damit erschwert sich auch die Finanzierung der Forschung auf diesem Gebiet.

In den letzten Jahren fand aber dennoch eine weitreichende Diversifizierung in der Diagnostik auch durch Einführung neuer Verfahren statt. Es wird zwar noch eine ganze Zeit in Anspruch nehmen, bis man beispielsweise implantierbare Neuroprothesen für das Gleichgewichtsorgan fertigen und anwenden kann, doch klinisch einsetzbare, extern getragene Neurofeedbacksysteme zur Rehabilitation sind schon seit einiger Zeit verfügbar (wie z.B. das VertiGuard®-System).

Bis vor einigen Jahren konnten posturografische Kontrollen lediglich auf Kraftmessplatten durchgeführt werden (wie z.B. die Enke-Platte). Der Vorteil der heutigen Geräte liegt eindeutig in ihrer Alltagsnähe und der damit verbundenen Möglichkeit, verschiedene Situationen (Treppensteigen, Kopfbewegungen beim Laufen usw.) realistisch nachzustellen. So können in der Diagnostik Sturzgefährdungen besser erkannt und therapiert werden.

Seit einiger Zeit sind außerdem neuartige bildgebende Verfahren (z.B. Dünnschicht CT-Aufnahmen) im Einsatz, die es ermöglichen, unklare Schwindelsymptome zu kategorisieren.

Des Weiteren gelang der Nachweis multipler Labyrinthanomalien durch z.B. die FLAIR-Sequenz, mit der man die flüssigkeitsgefüllten Labyrinthstrukturen und inneren Gehörgangsstrukturen im MRT sichtbar machen konnte.

Chirurgische Therapien werden als letzte Möglichkeit angesehen, sollte keine weitere Schwindeltherapie anschlagen. Hier wird von Fall zu Fall entschieden, ob eingegriffen werden muss oder nicht (Iro et al. 2001).

6 Literaturverzeichnis

Baloh, Robert W. (1994): Neurotology. London, Philadelphia: Baillière Tindall (Bailliere's clinical neurology : international practice and research, v. 3, no. 3).

Basta, D.; Ernst, A. (2008): Moderne Rehabilitation von Gleichgewichtsstörungen mit Hilfe von Neurofeedback-Trainingsverfahren. In: *HNO* 56 (10), S. 990–995. DOI: 10.1007/s00106-008-1805-z.

Basta, D.; Ernst, A. (2011a): Vibrotaktiler Neurofeedbacktraining mit dem Vertiguard®-RT-System. In: *HNO* 59 (10), S. 1005–1011. DOI: 10.1007/s00106-011-2346-4.

Basta, Dietmar; Ernst, Arne (2011b): Rehabilitation von Gleichgewichtsstörungen mithilfe eines vibrotaktilen Neurofeedbacktrainings. In: *HNO kompakt* 19, 2011 (Nr. 3), S. 1–3.

Basta, Dietmar; Rossi-Izquierdo, Marcos; Soto-Varela, Andrés; Greters, Mario Edwin; Bittar, Roseli Saravia; Steinhagen-Thiessen, Elisabeth et al. (2011): Efficacy of a Vibrotactile Neurofeedback Training in Stance and Gait Conditions for the Treatment of Balance Deficits: A Double-Blind, Placebo-Controlled Multicenter Study. In: *Otology & Neurotology* 32, 2011 (No. 9), S. 1492–1499.

Bortz, Jürgen; Schuster, Christof (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin, Heidelberg [u.a]: Springer Berlin Heidelberg (mit ... 163 Tabellen). Online verfügbar unter <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz321990676inh.htm>.

Claussen, Claus-Frenz (1985): Presbyvertigo, Presbyataxie, Presbytinnitus. Gleichgewichts- u. Sinnesstörungen im Alter : [interdisziplinäres Kissinger Symposium d. Ges. zur Erforschung von Geruchs-, Geschmacks-, Gehör- u. Gleichgewichtsstörungen e.V., 22. 04. - 24. 04. 1983, Bad Kissingen]. Berlin u.a: Springer.

Ernst, A. (2011): Perspektiven der Gleichgewichtsdiagnostik und -therapie. In: *Laryngo-Rhino-Otol* 90 (S 01), S. S35. DOI: 10.1055/s-0030-1270446.

Ernst, Arne; Basta, Dietmar (2012): Gleichgewichtsstörungen. Diagnostik und Therapie beim Leitsymptom Schwindel; 17 Tabellen. Stuttgart, New York: Thieme.

Franko Zeitz, P.; Hegemann, S. (2013): Auge, Sehen und Schwindel. In: *HNO* 61 (9), S. 772–776. DOI: 10.1007/s00106-013-2743-y.

Iro, H.; Waldfahrer, F.; Wolf, S. R.; Gjuric, M.; Haid, C. T.; Wigand, M. E. (2001): Vestibuläre Erkrankungen. Eine interdisziplinäre Herausforderung ; 3. Henning-Symposium, Innsbruck 2000. Stuttgart: Thieme.

Plinkert, Peter K. (2010): Hören und Gleichgewicht im Blick des gesellschaftlichen Wandels. Wien [u.a.]: Springer.

Probst, Rudolf; Grevers, Gerhard; Iro, Heinrich (2004): Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. 2., korrigierte und aktualisierte Aufl. Stuttgart, New York: Thieme.

Schmidt, Robert F.; Schaible, Hans-Georg (2006): Neuro-und sinnesphysiologie. Berlin: Springer.

Stoll, Wolfgang; Grenzebach, Ulrike; Most, Eckhard; Tegenthoff, Martin (2004): Schwindel und Gleichgewichtsstörungen. [Diagnostik, Klinik, Therapie, Begutachtung ; ein interdisziplinärer Leitfaden für die Praxis]. 4., überarb. Aufl. Stuttgart [u.a.]: Thieme.

Ulrich, Jens; Hoffmann, Eckhard (2011): Hörakustik. Theorie und Praxis. 2. Auflage. Heidelberg: DOZ-Verl.

van Ackern, Nina; Lindenberg, Markus: Räumliches Hören. Hg. v. Universität Mannheim. Online verfügbar unter <http://irtel.uni-mannheim.de/lehre/seminararbeiten/w96/Hoeren1/Hoeren1.html>, zuletzt geprüft am 29.06.2014.

Zeisberg GmbH (18.06.2012): VertiGuard® D/RT. System zur Diagnostik (D) und Therapie von Gleichgewichtsstörungen und Stand- bzw. Ganginstabilitäten (RT). Bedienungsanleitung. Lichtenstein.

Zöfel, Peter (1992): Univariate Varianzanalysen. Achtzehn komplette Designs. Stuttgart, Jena: G. Fischer (UTB für Wissenschaft, 1663).

7 Anhang

Anamnesebogen

Patienten – ID: 6	
Geburtsdatum: 05.12.1938	
Beruf: Rentner, hat früher in der Holzindustrie gearbeitet	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Garten-/ Holzarbeiten	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit der Kindheit, hatte viele MOEs	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Ja	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Rechts	
Gab es Operationen am Ohr?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Das linke Trommelfell war mal perforiert	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Ja	
→ falls „ja“: seit wann? Seit ungefähr zehn Jahren	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Morgens nach dem Aufstehen, bei beanspruchtem Kreislauf	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
plötzlich	
Drehschwindel, Gefühl der Bewusstlosigkeit	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Nein	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Ja	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Romberg- Test:	unauffällig
Unterberger- Tretversuch:	unauffällig
Lärm:	unauffällig
	Drehung 90° rechts
Abchluss:	unauffällig
	unauffällig

Anmerkungen:

Keine Auffälligkeiten

Anamnesebogen

Patienten – ID: 7	
Geburtsdatum: 13.04.1944	
Beruf: Rentner, hat früher im öffentlichen Dienst gearbeitet	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Viel Lesen, viel Laufen	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit zwei Jahren	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Links	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Nein	
→ falls „ja“: seit wann? -	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
-	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
plötzlich	
Schwankschwindel, Gefühl der Linkslastigkeit	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Nein	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Ja	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Herzmedikamente, Blutverdünner	
Romberg- Test: leichtes Schwanken Unterberger- Tretversuch: Drehung 40° links	
Lärm:	unauffällig Drehung 45° rechts
Abchluss:	unauffällig unauffällig

Anmerkungen:

Amiloidose

Anamnesebogen

Patienten – ID: 8	
Geburtsdatum: 05.01.1949	
Beruf: Rentnerin, war früher Sekretärin	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Lesen, Garten, Enkel, Sport, Geselligkeit	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit acht bis zehn Jahren	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Links	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Nein	
→ falls „ja“: seit wann? Vor zwei Monaten mal Gefühl der Unsicherheit	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Beim Treppensteigen	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
plötzlich	
Eher Schwankschwindel	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Nein	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Blutdrucksenker	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: Drehung 45° links
Lärm: unauffällig	unauffällig
Abchluss: unauffällig	Drehung 60° links

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 9	
Geburtsdatum: 31.03.1946	
Beruf: <i>Rentner, war früher wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Hochschule</i>	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
<i>Radfahren, Tischtennis, Wandern, Fotografie, Kunstverein, Familie</i>	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	<i>Nein</i>
→ falls „ja“: seit wann? -	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
<i>Nein</i>	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
<i>Links</i>	
Gab es Operationen am Ohr?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit einem Jahr</i>	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
<i>Bei körperlicher Betätigung auch in Stresssituationen</i>	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
<i>Bahnt sich an</i>	
<i>Eher Schwankschwindel</i>	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
<i>Nein</i>	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
<i>Nein</i>	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: welche? <i>Säurehemmer gegen Sodbrennen</i>	
Romberg- Test: <i>unauffällig</i>	Unterberger- Tretversuch: <i>unauffällig</i>
Lärm: <i>unauffällig</i>	<i>unauffällig</i>
Abchluss: <i>unauffällig</i>	<i>Drehung 15° links</i>

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 10	
Geburtsdatum: 21.03.1944	
Beruf: <i>Rentner, war früher Werkzeugmacher</i>	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
<i>Fotographie, Filmen, Haus- und Gartenarbeit</i>	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	<i>Ja</i>
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit einem halben Jahr</i>	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
<i>Nein</i>	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
<i>Links</i>	
Gab es Operationen am Ohr?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: welche? <i>Steigbügelprothese beidseits</i>	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit ungefähr sechs Monaten täglich</i>	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
<i>Keine speziellen Situationen, immer mal wieder</i>	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
<i>Plötzlich</i>	
<i>Schwankschwindel</i>	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
<i>Nein</i>	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
<i>Ja</i>	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: welche? -	
Romberg- Test: <i>unauffällig</i>	Unterberger- Tretversuch: <i>Drehung 45° links</i>
Lärm: <i>unauffällig</i>	<i>unauffällig</i>
Abchluss: <i>unauffällig</i>	<i>Drehung 10° links</i>

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 11	
Geburtsdatum: 29.01.1942	
Beruf: <i>Rentner, war früher Abteilungsleiter im Einzelhandel</i>	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
<i>Angeln, Laptop, Internet, früher viel gelesen</i>	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	<i>Nein</i>
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit einem halben Jahr</i>	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
<i>Nein</i>	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
<i>Rechts</i>	
Gab es Operationen am Ohr?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: seit wann? -	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
-	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
<i>Plötzlich</i>	
<i>Drehschwindel</i>	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
<i>Nein</i>	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
<i>Ja</i>	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: welche? <i>Bluthochdruck, Argonist gegen Parkinson</i>	
Romberg- Test: <i>unauffällig</i>	Unterberger- Tretversuch: <i>Drehung leicht links</i>
Lärm: <i>unauffällig</i>	<i>unauffällig</i>
Abchluss:	

Anmerkungen:

Parkinson- Patient

Anamnesebogen

Patienten – ID: 12	
Geburtsdatum: 21.07.1935	
Beruf: Rentnerin	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Sport, Musik, Lesen	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit ungefähr fünf Jahren	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Gleich	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Ja	
→ falls „ja“: seit wann? Vermutlich seit fünf Jahren, deutlich seit zwei Jahren	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Bei Drehungen um die eigene Achse	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
Plötzlich	
Drehschwindel	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Ja	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Bluthochdruck	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: Drehung 30° rechts
Lärm: unauffällig	Drehung 30° rechts
Abchluss: unauffällig	unauffällig

Anmerkungen:

Parinaud- Syndrom

Anamnesebogen

Patienten – ID: 13	
Geburtsdatum: 19.03.1938	
Beruf: Geschäftsführer in eigener Firma, Schwimmbadwasseraufbereitung	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Joggen, Garten, Heimwerken	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit ungefähr fünf Jahren	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Gleich	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Ja	
→ falls „ja“: seit wann? Seit ungefähr fünf Jahren	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Beim Aufstehen und bei schnellen Bewegungen	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
Plötzlich schwarz vor Augen	
Schwankschwindel	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Nein	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Prostata, Herzmedikamente, Blutdrucksenker, ACE-Hemmer	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: Drehung 40° links
Lärm: unauffällig	Drehung 90° links
Abchluss: unauffällig	Drehung 45° links

Anmerkungen:

Polyneuropathie in den Beinen

Anamnesebogen

Patienten – ID: 14	
Geburtsdatum: 31.10.1941	
Beruf: Rentner, war früher Verpackungsmechaniker	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Wandern im Schwäbischer- Alb- Verein	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit 20 Jahren	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Links	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Ja	
→ falls „ja“: seit wann? Seit vier Jahren	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Keine besonderen Situationen	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
plötzlich	
Schwankschwindel	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Nein	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Hörfit	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: Drehung 130° links
Lärm: unauffällig	Drehung 180° links
Abchluss: unauffällig	Drehung 60° links

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 16	
Geburtsdatum: 22.07.1937	
Beruf: <i>Rentnerin, war früher Einzelhandelskauffrau und Sprachlehrerin</i>	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
<i>Kaum welche</i>	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	<i>Ja</i>
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit 2011, kam gleichzeitig mit Tinnitus</i>	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
<i>Nein</i>	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
<i>Links, da rechts taub</i>	
Gab es Operationen am Ohr?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit dem Hörverlust</i>	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
<i>Beim Gehen und bei schnellen Bewegungen</i>	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
<i>plötzlich</i>	
<i>Gleichgewichtsprobleme</i>	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
<i>Nein</i>	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
<i>Ja</i>	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: welche? <i>Antidepressiva, Psychopharmaka</i>	
Romberg- Test: <i>unauffällig</i>	Unterberger- Tretversuch: <i>leicht rechts</i>
Lärm: <i>unauffällig</i>	<i>Drehung 30° rechts</i>
Abchluss: <i>unauffällig</i>	<i>unauffällig</i>

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 17	
Geburtsdatum: 04.04.1944	
Beruf: Rentner, war früher QM-Leiter in der Kunststofftechnik	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Schach, Laufen, Garten, Fitness	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Nein
→ falls „ja“: seit wann? Seit 2011, kam gleichzeitig mit Tinnitus	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Gleich	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Ja	
→ falls „ja“: seit wann? Seit ungefähr einem Jahr	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Beim schnellen Aufstehen, bei schnellen Bewegungen, wackeln vorm Regal	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
unterschiedlich	
Schwankschwindel, selten auch Liftgefühl	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Nein	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Diabetes seit einem Jahr, Medformin, ab und an Schmerztabletten	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: leicht rechts
Lärm: unauffällig	Drehung 45° rechts
Abchluss: unauffällig	unauffällig

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 18	
Geburtsdatum: 10.05.1940	
Beruf: Rentnerin, war früher im Landratsamt	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Schwimmen, Wanderverein, Tanzen	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Nein
→ falls „ja“: seit wann? -	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Gleich	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Nein	
→ falls „ja“: seit wann? Vor ungefähr einem Jahr, seit einem halben Jahr nicht mehr	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
-	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
Plötzlich	
Drehschwindel	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	Ja
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Blutdrucksenker	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: Drehung 90° rechts
Lärm: unauffällig	Drehung 45° rechts
Abchluss: unauffällig	Drehung 80° rechts

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 19	
Geburtsdatum: 23.01.1933	
Beruf: Rentnerin, Hausfrau	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Garten, Gymnastik, Seniorenturnen	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit 12 Jahren	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Ja	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Rechts	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Nein	
→ falls „ja“: seit wann? -	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Beim Bücken, bei bestimmten Übungen	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
Plötzlich	
Drehschwindel	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Ja	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Blutdrucksenker	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: Drehung 60° links
Lärm: unauffällig	Drehung 60° links
Abchluss: unauffällig	Drehung 45° links

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 20	
Geburtsdatum: 18.09.1939	
Beruf: Rentnerin, war früher Kosmetikerin	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Wandern, Spazieren, Hund, Papageien, Qui- Gong	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit sechs Jahren, geht einher mit Tinnitus	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Rechts	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Nein	
→ falls „ja“: seit wann? -	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
-	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
Plötzlich	
Drehschwindel, Schwankschwindel, Liftgefühl	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Ja	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Ja	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Ja	
→ falls „ja“: welche? Vertigo, Beta- Blocker, Blutdruckmittel	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: unauffällig
Lärm: unauffällig	Drehung 10° rechts
Abchluss:	

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 21	
Geburtsdatum: 28.11.1953	
Beruf: <i>Mitarbeiterin bei der Post</i>	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
<i>Garten, kochen</i>	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	<i>Nein</i>
→ falls „ja“: seit wann? -	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
<i>Nein</i>	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
<i>Gleich</i>	
Gab es Operationen am Ohr?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit ungefähr drei Jahren</i>	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
<i>Unterschiedlich, bei Migräne</i>	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
<i>Unterschiedlich</i>	
<i>Drehschwindel</i>	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
<i>ab und zu</i>	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
<i>Nein</i>	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: welche? <i>Insulin, Blutdrucksenker</i>	
Romberg- Test: <i>unauffällig</i>	Unterberger- Tretversuch: <i>unauffällig</i>
Lärm: <i>unauffällig</i>	<i>unauffällig</i>
Abchluss: <i>unauffällig</i>	<i>Drehung 45° rechts</i>

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 22	
Geburtsdatum: 31.10.1941	
Beruf: Rentnerin, war früher kaufmännische Angestellte	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
Sport, Wandern	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	Ja
→ falls „ja“: seit wann? Seit ungefähr fünf Jahren	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
Nein	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
Rechts	
Gab es Operationen am Ohr?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
Ja	
→ falls „ja“: seit wann? Seit zwei Jahren	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
Immer morgens beim Aufstehen	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
Plötzlich	
Drehschwindel	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
Ja	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
Nein	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
Nein	
→ falls „ja“: welche? -	
Romberg- Test: unauffällig	Unterberger- Tretversuch: Drehung 45° links
Lärm: unauffällig	Drehung 30° links
Abchluss: unauffällig	Drehung 70° links

Anmerkungen:

Anamnesebogen

Patienten – ID: 23	
Geburtsdatum: 23.01.1949	
Beruf: <i>Technischer Lehrer an der Berufsschule</i>	
Welche Aktivitäten führen Sie hauptsächlich in Ihrer Freizeit aus?	
<i>Garten, Wandern</i>	
Haben Sie das Gefühl schlechter zu hören als früher?	<i>Ja</i>
→ falls „ja“: seit wann? <i>Seit ungefähr fünf Jahren</i>	
Wie würden Sie auf der folgenden Skala Ihr Hörvermögen einschätzen?	
0	x 10
Tragen Sie momentan Hörsysteme?	
<i>Nein</i>	
Welches Ohr ist Ihrer Meinung nach das bessere?	
<i>Gleich</i>	
Gab es Operationen am Ohr?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: welche? -	
Haben Sie momentan Probleme mit Schwindel?	
<i>Nein</i>	
→ falls „ja“: seit wann? -	
In welchen Situationen macht sich Ihr Schwindel besonders bemerkbar?	
<i>Aufsetzen, Drehen, schnelle Bewegungen</i>	
Wie würden Sie Ihren Schwindel beschreiben?	
<i>Plötzlich</i>	
<i>Drehschwindel</i>	
Ist Ihnen dann zusätzlich übel?	
<i>Nein</i>	
Haben Sie zusätzlich das Gefühl, Geräusche auf dem Ohr zu hören?	
<i>Ja</i>	
Nehmen Sie Medikamente (Durchblutung, Diabetes, Schwindel...)?	
<i>Ja</i>	
→ falls „ja“: welche? -	
Romberg- Test: <i>leichtes Schwanken</i> Unterberger- Tretversuch: <i>Drehung 30° links</i>	
Lärm:	<i>unauffällig</i> <i>unauffällig</i>
Abchluss:	<i>unauffällig</i> <i>Drehung 15° links</i>

Anmerkungen: